

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Racionalizace systému řízení údržby

Rationalization of The Maintenance System

Student: Bc. Martin Jung

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Jung**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: **Racionalizace systému řízení údržby**
Rationalization of the Maintenance System

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu
2. Posouzení současného systému řízení údržby
3. Specifikace problému a návrhy na zdokonalení systému řízení údržby
4. Návrh a metodika systému a péče o investičný majetek se zaměřením na proaktivní údržbu, (TPM, TIM)
5. Celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Organizace a řízení [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>
NOVÁK, Josef. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava 2004, 266 s.
Ekonomika a řízení provozů [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/ekonomika-a-rizeni-provozu.pdf>
TOMEK, Gustav. VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby*. Grada Publishing, 1999. 439 s. ISBN 80-7169-578-5
KOŠTURIÁK, Ján. a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: EDIS 2000, 397 s. ISBN 80-7100-553-3

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**


Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry





prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 11.5.2011



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě
11.5.2011



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Martin Jung

Adresa trvalého pobytu autora práce: Rovniny 1473/48a

747 19 Hlučín

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JUNG, M. *Racionalizace systému řízení údržby: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 93 s. Vedoucí práce: Novák, J.

Diplomová práce se zabývá problematikou zavádění metod totálně produktivní údržby ve společnosti LINDE VÍTKOVICE a.s. Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout řešení zefektivnění procesů údržby. Teoretická část představuje důležité aspekty systému údržby a metody totálně produktivní údržby. Analytická část popisuje současný stav systému řízení údržby. Následuje návrh řešení, jehož obsahem je charakteristika informačního systému pro řízení údržby a zavedení totálně produktivní údržby na pilotním zařízení. Diplomová práce končí zhodnocením uvedeného řešení.

ANNOTATION OF THESIS

JUNG, M. *Rationalization of The Maintenance System: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Technical faculty, Institute of Mechanical technology, 2011, 93 p. Thesis head: Novák, J.

This thesis is concerned with questions of implementing of totally productive maintenance at LINDE VÍTKOVICE company. The main goal of this thesis is suggestion of how to solve efficient maintenance processes. The theoretical part presents important aspects of maintenance system and methods of totally productive maintenance. The analytical part describes present condition of the maintenance control system. Then follows the suggestion of the solution that contains the characteristics of information system for maintenance control and implementing of totally efficient maintenance at a pilot equipment. The last part of the thesis is the analysis of the above mentioned solution.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů:	9
Úvod	10
Teoretická východiska diplomové práce	11
1 Postavení údržby ve výrobním procesu	11
2 Řízení, organizace a hodnocení údržby	12
2.1 Organizační formy řízení	12
2.1.1 Centralizovaná údržba	12
2.1.2 Decentralizovaná údržba	12
2.1.3 Kombinovaná údržba	13
2.1.4 Outsourcing v údržbě	13
2.2 Hodnocení údržby	13
2.2.1 Audit údržby	13
2.2.2 Jakost managementu údržby	14
2.2.3 Benchmarking údržby	15
3 Stupně vývoje údržbářských systémů	18
4 Totálně produktivní údržba (TPM)	20
4.1 Základní pilíře TPM	21
4.1.1 Systém údržby a informační systém	21
4.1.2 Autonomní údržba	23
4.1.3 Plánovaná údržba	25
4.1.4 Zvýšení celkové efektivity zařízení	25
4.1.5 Projekty instalace nového zařízení	27
4.1.6 Program vzdělávání a tréninků	28
4.2 Implementace TPM	29
4.2.1 Přínosy realizace TPM v podniku	31
4.2.2 Omezení a rizika implementace TPM	31
Praktická část	32
5 Analýza současného stavu	32
5.1 Představení společnosti LINDE VÍTKOVICE a.s.	32
5.1.1 Popis technologie výroby technických plynů	33
5.2 Organizace údržby v provozu Kyslíkárna	34

5.2.1	Strojní údržba	34
5.2.2	Elektro údržba	35
5.2.3	Údržba měření a regulace	35
5.2.4	Údržba řídicích systémů	35
5.2.5	Obsluha zařízení	35
5.3	Kompetence řízení údržby v provozu Kyslíkárna	36
5.4	Informace pro řízení údržby	37
5.5	Softwarová podpora řízení údržby	38
5.6	Plánování údržby	38
5.6.1	Položkový plán oprav	38
5.6.2	Plány revizí EZ, ZZ a PZ	39
5.6.3	Plán revizí TNS	39
5.6.4	Plány kontrol a kalibrací měřidel	39
5.7	Preventivní údržba	39
5.8	Kontrolní činnost obsluhy zařízení	40
5.9	Technická diagnostika	45
5.10	Ekonomika, hodnocení a evidence údržby	48
5.10.1	Ekonomické ukazatele	48
5.10.2	Poruchovost zařízení	49
5.10.3	Vykazování činnosti pracovníků údržby	51
6	Posouzení současného stavu	53
7	Specifikace problémů a návrhy na zdokonalení systému řízení údržby	56
8	Návrh a metodika systému a péče o investiční majetek se zaměřením na TPM	58
8.1	Informační systém pro řízení údržby	58
8.1.1	Charakteristika navrhovaného informačního systému	59
8.2	Aplikace TPM na vybrané strojní zařízení – zkapalňovač kyslíku a dusíku	67
8.2.1	Konstrukce a popis zkapalňovače	67
8.2.2	Standardy autonomní a preventivní údržby	70
8.2.3	Sledování a zvyšování CEZ	74
9	Zhodnocení navrhovaných řešení	80
9.1	Softwarová podpora řízení údržby	80
9.2	Standardy autonomní a preventivní údržby	81

9.3	Sledování a zvyšování CEZ	81
9.4	Ekonomický přínos zavedení TPM	82
9.4.1	Úspora nákladů na elektrickou energii	82
9.4.2	Zvýšení produkce kapalných plynů	85
10	Závěr	87
	Poděkování	89
	Seznam odborné literatury a zdrojů	90
	Seznam obrázků	92
	Seznam grafů	93
	Seznam tabulek	93
	Seznam příloh	93

Seznam použitých značek a symbolů:

CEZ	Celková efektivita zařízení
EFNMS	European Federation of National Maintenance Societies - Evropská federace národních společností pro údržbu
EXT	Expanzní turbína
FFT	Fast Fourier Transform - Rychlá Fourierova transformace
HIM	Hmotný investiční majetek
LOS	Liquid Oxygen System - Zkapalňovač kyslíku
M a R	Měření a regulace
MEE	Maintenance Efficiency Evaluation - Hodnocení efektivity údržby
MS	Měrná spotřeba elektrické energie zařízení
MTZ	Materiálně-technické zásobování
NKP	Nízkotlaký kyslíkový přístroj
PZ	Plynová zařízení
TNS	Tlaková nádoba stabilní
TPM	Total Productive Maintenance – Totálně produktivní údržba
ZZ	Zdvihací zařízení

Úvod

Procesem modernizace podnikových činností a zaváděním přístupů vedoucích k jejich postupnému zlepšování v současné době prochází řada podniků. V období doznívání ekonomické krize, rostoucího tlaku na snižování nákladů a současně zvyšování nároků spotřebitelů musejí podniky pružně reagovat na změny podnikového okolí. Prostřednictvím efektivního řízení procesů se mohou podniky měnit, zlepšovat efektivnost, zvyšovat svou výkonnost a tak lépe odolávat tržním rizikům. Důležitou oblastí, která má přímý dopad na produktivitu výroby a tím i na úroveň konkurenceschopnosti podniku, je oblast řízení procesů spojených s údržbou, technickým zhodnocením a obnovou výrobního zařízení.

Údržba představuje souhrn činností, které jsou zaměřeny na systematické udržování výrobního zařízení v technicky dobrém a bezporuchovém stavu při vynaložení optimálních nákladů. Základem pro splnění uvedených požadavků je zdokonalování procesu řízení údržby.

Cílem mé diplomové práce je zmapovat a analyzovat systém řízení údržby v podniku LINDE VÍTKOVICE a.s. a na základě zjištěných skutečností navrhnout změny, které povedou ke zvýšení efektivity procesů řízení údržby.

V úvodu práce jsou zpracována teoretická východiska dané problematiky. Jednou z hlavních částí práce je analýza současného stavu, která spočívá v mapování procesu údržby v LINDE VÍTKOVICE a.s. v provozu Kyslíkárna.

Nedostatky odhalené analýzou jsou předmětem druhé poloviny praktické části práce, ve které jsou zároveň rozpracovány návrhy zvýšení efektivity systému údržby. V závěru je provedeno zhodnocení návrhů.

Teoretická východiska diplomové práce

1 Postavení údržby ve výrobním procesu

Vývoj vědy a techniky v oblasti konstrukce výrobního zařízení postupuje neustále kupředu a spolu s ním roste také jeho složitost, technické vybavení, řídicí a kontrolní systémy atd. Se zvyšováním složitosti technologií roste i význam údržby. Tato oblast se stává součástí strategického řízení. Účinná údržba tvoří potenciál pro zlepšování využitelnosti zařízení a rozhodujícím způsobem ovlivňuje výrobní náklady a kvalitu vyráběných produktů. Pro úspěšné zvládnutí těchto požadavků je potřeba zavést náležité postupy i do oblasti údržby.

Údržbu lze charakterizovat jako proces obnovy výrobních zařízení, jehož cílem je systematické odstraňování následků fyzického opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání, ale i např. stárnutí ve výrobním procesu. Vnitřně se údržba člení na udržování a opravy.

Vlastní údržbářská činnost obsahuje tyto prvky [10]:

- Instruktaž obsluhujícího personálu
- Denní ošetřování výrobního zařízení
- Udržování výrobního zařízení – běžná údržba
- Inspekce a prohlídky
- Diagnostika technického stavu
- Opravy výrobního zařízení
- Modernizace a rekonstrukce

Řádně prováděná údržba vede k úsporám finančních a energetických zdrojů, zároveň významně přispívá k ochraně životního prostředí. Na druhé straně nepravidelně a nedůsledně prováděná běžná údržba vede k rychlému znehodnocování výrobních zařízení, k častým poruchám, ke zvyšování nákladů na opravy a ztrátám při výrobě.

Údržba řeší a vyrovnává vzájemné vztahy zejména z pohledu provozuschopnosti stávajícího výrobního zařízení.

2 Řízení, organizace a hodnocení údržby

K tomu, aby systém údržby fungoval maximálně efektivně, je nutné volit vhodné struktury a postupy zabezpečení údržby, které se dokáží flexibilně přizpůsobovat požadavkům doby. Management údržbářského procesu vyžaduje potřebu neustálého upřesňování těchto okruhů problémů [10]:

- Míra centralizace a decentralizace řídicích prací, tvorba jednotlivých zásad řízení reprodukční politiky, tvorba metodiky řízení, aj.
- Rozvoj systému údržby je vhodné vázat na tvorbu vnitropodnikových norem spotřeby materiálu, náhradních dílů a energie, výkonů a norem obsazení, kapacitních norem aj.
- Vazba financování údržby a reprodukce výrobních prostředků na kriteriální ukazatele – jako je účinnost zařízení, podíl progresivních modernizací, vyřazování zastaralých zařízení aj.

2.1 Organizační formy řízení

Organizace péče o výrobní zařízení může mít v podniku jednu ze čtyř organizačních forem řízení [10].

2.1.1 Centralizovaná údržba

Útvar péče o výrobní zařízení - jako jediné místo v celém podniku přejímá plnou odpovědnost za činnost a využití všech opravárenských a servisních kapacit podniku. Jednotné metodické i prováděcí řízení určuje dlouhodobější rozvoj výrobní základny, rozděluje zdroje pro obnovu strojního parku, účelně organizuje a řídí opravárenskou činnost a vytváří podmínky pro centralizaci a specializaci opravárenských provozů a závodů.

2.1.2 Decentralizovaná údržba

Řízení je charakteristické především bezprostředním efektivním řízením opravárenské činnosti v jednotlivých výrobních útvarech. To se týká zejména operativního řízení oprav. Rozpočet nákladů opravárenské činnosti a všech souvisejících činností musí vycházet ze znalostí konkrétních podmínek a reagovat na průběžně se měnící podmínky.

2.1.3 Kombinovaná údržba

Odpovědnost za péči o výrobní zařízení je rozdělena mezi centralizovaný opravárenský útvar a výrobní složky.

2.1.4 Outsourcing v údržbě

Outsourcing je nahrazení vlastních údržbářských kapacit cizími (dodavatelskými) při výkonu činností, které se obvykle provádějí s využitím vlastních zdrojů. Rozhodnutí o outsourcingu určité činnosti musí předcházet kvalifikovaná analýza výchozího stavu a vnějších podmínek pro outsourcing, která zahrnuje:

- Rozčlenění údržby do segmentů podle velikosti a struktury potřebných zdrojů
- Posouzení konkurenceschopnosti vlastních zdrojů
- Zhodnocení tržního prostředí pro dodávky služeb
- Vliv obou alternativ na tvorbu hodnoty pro akcionáře

Výběr dodavatele údržbářských služeb je pro úspěch outsourcingu klíčový, osvědčují se dlouhodobé partnerské vztahy. Smlouva o poskytování služeb musí být dostatečně podrobná a flexibilní.

2.2 Hodnocení údržby

2.2.1 Audit údržby

Důležitým předpokladem pro správné řízení jakékoliv oblasti nebo procesu je sběr a kontrola potřebných údajů. Jednou z možností je interní audit - systematický, nezávislý a zdokumentovaný proces získávání konkrétních dat a jejich objektivní vyhodnocování s cílem určit rozsah plnění plánovaných záměrů pro interní účely. Interní audity jsou důležitým prvkem kontinuálního zlepšování ve firmách. Významně přispívají ke zkvalitňování procesů, snižování nákladů, zvyšování výkonnosti a konkurenceschopnosti organizací. Příprava, vykonávání a hodnocení auditu plyne z požadavků definovaných v normě ISO 19001. Audit probíhá v těchto fázích:

- Příprava otázek, výběr auditorů, vypracování plánu auditu
- Vlastní audit
- Vyhodnocení auditu, zpráva, implementace opatření z auditu, přínosy

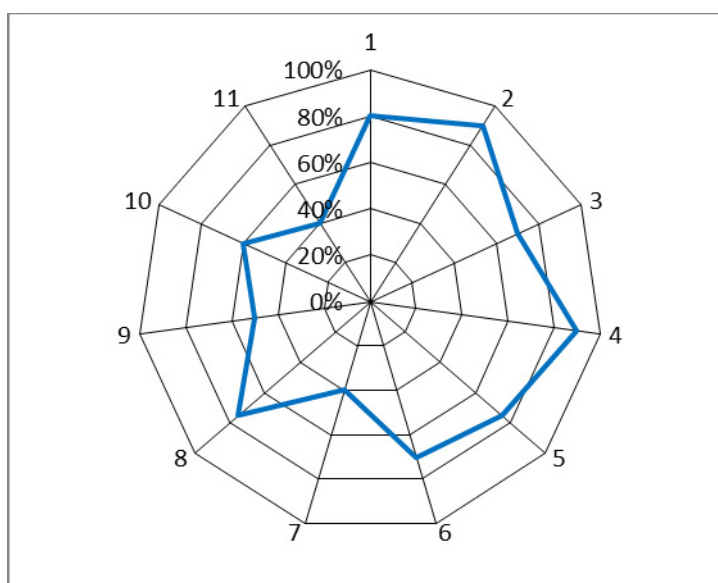
Nejdůležitější je třetí fáze, tzn. správný popis zjištěných nedostatků, odstranění neshod a návrh opatření na zlepšení stavu.

2.2.2 Jakost managementu údržby

Provádíme-li audit údržby jako procesu, musíme provádět i audit jakosti managementu údržby, jehož podstatou jsou odpovědi na 11 okruhů otázek [4]:

1. Charakteristika podnikatelských činností a výrobních zařízení v organizaci
2. Strategie a systémy údržby v organizaci
3. Organizace a řízení personálu v údržbě
4. Administrativa údržby
5. Preventivní údržba
6. Plánování, rozvrhování a pracovní příkazy v údržbě
7. Realizace údržbářských procesů
8. Záznamy o historii údržby výrobních zařízení
9. Nakupování, skladování a řízení zásob náhradních dílů a materiálu
10. Měření účinnosti a efektivity údržby, její zlepšování a hodnocení spokojenosti zákazníků
11. Počítačová podpora řízení údržby

Příklad vyhodnocení těchto otázek pomocí paprskového diagramu je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Kvantitativní výsledky auditu jakosti managementu údržby (ilustrační hodnoty) [4]

2.2.3 Benchmarking údržby

Benchmarking je metodické porovnávání procesů daného podniku s nejlepšími podniky. V údržbě je tato metoda také označována jako MEE (Maintenance Efficiency Evaluation – hodnocení efektivity údržby). Vyhodnocuje efektivitu jednotlivých útvarů údržby v plánování, ve využívání údržbářských kapacit, v nákladovosti, v produktivitě práce, a to na základě benchmarkových údajů. Obecný postup benchmarkingu se skládá z následujících bodů [4]:

- Stanovení položek (indikátorů) pro porovnávání
- Stanovení, kým bude porovnávání prováděno
- Stanovení způsobu získání údajů o výkonnosti procesu
- Organizování a analýza údajů; analýza je zaměřena na stanovení cílů
- Orientační porovnávání, vyhodnocení a návrh pro zlepšení

Jak dále uvádí literatura [4], Evropská federace národních společností pro údržbu (EFNMS – European Federation of National Maintenance Societies) vybrala těchto 14 hlavních ukazatelů benchmarkingu (ukazatele se vyjadřují v procentech):

I₀₁ – finanční náročnost udržování majetku

$$I_{01} = \frac{\text{Celkové náklady na údržbu}}{\text{Reprodukční hodnota hmotného i nehmotného majetku}} \times 100 \quad [4] \quad (2.1)$$

I₀₂ – relativní velikost zásoby náhradních dílů a materiálu

$$I_{02} = \frac{\text{Hodnota zásob náhradních dílů a materiálu pro údržbu}}{\text{Reprodukční hodnota hmotného i nehmotného majetku}} \times 100 \quad [4] \quad (2.2)$$

I₀₃ – relativní náklady externí údržby

$$I_{03} = \frac{\text{Náklady na externí údržbu}}{\text{Celkové náklady na údržbu}} \times 100 \quad [4] \quad (2.3)$$

I₀₄ – relativní náklady preventivní údržby

$$I_{04} = \frac{\text{Náklady na preventivní údržbu}}{\text{Celkové náklady na údržbu}} \times 100 \quad [4] \quad (2.4)$$

I₀₅ – relativní pracnost preventivní údržby

$$I_{05} = \frac{\text{Pracnost preventivní údržby}}{\text{Celkový časový fond údržbářů}} \times 100 \quad [4] \quad (2.5)$$

I₀₆ – relativní intenzita toku peněz do údržby

$$I_{06} = \frac{\text{Celkové náklady na údržbu}}{\text{Obrat organizace}} \times 100 \quad [4] \quad (2.6)$$

I₀₇ – relativní intenzita školení pracovníků údržby

$$I_{07} = \frac{\text{Celkový počet člověkohodin školení}}{\text{Celkový časový fond údržbářů}} \times 100 \quad [4] \quad (2.7)$$

I₀₈ – relativní pracnost okamžité údržby po poruše

$$I_{08} = \frac{\text{Pracnost okamžité údržby po poruše}}{\text{Celkový časový fond údržbářů}} \times 100 \quad [4] \quad (2.8)$$

I₀₉ – úroveň přípravy a plánování údržby

$$I_{09} = \frac{\text{Plánovaná pracnost údržby}}{\text{Celkový časový fond údržbářů}} \times 100 \quad [4] \quad (2.9)$$

I₁₀ – relativní roční nominální časový fond výrobního zařízení

$$I_{10} = \frac{\text{Roční nominální časový fond}}{\text{Roční kalendářní časový fond}} \times 100 \quad [4] \quad (2.10)$$

I₁₁ – využití výrobního zařízení

$$I_{11} = \frac{\text{Skutečná doba provozu}}{\text{Roční kalendářní časový fond}} \times 100 \quad [4] \quad (2.11)$$

I₁₂ – střední doba mezi poruchami

$$I_{12} = \frac{\text{Skutečná doba provozu}}{\text{Počet zásahů okamžité údržby po poruše}} \times 100 \quad [4] \quad (2.12)$$

I₁₃ – průměrná rychlost odstraňování poruch

$$I_{13} = \frac{\text{Průměrná doba okamžité údržby po poruše}}{\text{Počet zásahů okamžité údržby po poruše}} \times 100 \quad [4] \quad (2.13)$$

I₁₄ – celková efektivita zařízení

Viz kapitola 4.1.4. EFNMS doporučuje pouze pro skandinávské země.

Cílem benchmarkingu není jen zjistit sledované parametry procesů v nejlepších firmách nebo u konkurence, ale také příprava postupu zlepšení na tuto úroveň.

3 Stupně vývoje údržbářských systémů

Se stoupajícími požadavky zákazníků se zároveň zvyšují i požadavky na výrobu. Na tento trend zákonitě musejí reagovat také systémy údržby.

Systém údržby je soubor organizačních, hmotných, finančních a jiných prvků pro zabezpečení údržby. Systémy údržby mají plnit následující úkoly [14]:

- Určit hlavní druhy opravárenských činností podle charakteru používaného zařízení a podmínek provozu
- Stanovit potřebnou periodicitu opravárenských prací
- Stanovit nevyhnutelný objem práce na základě norem náročnosti údržbářských výkonů, objemu materiálových nákladů, minimalizace prostojů výrobních zařízení
- Používat moderní metody organizace oprav
- Vytvořit vhodný systém stimulace na výsledky údržby
- Zajistit vhodnou organizaci materiálového zabezpečení údržby
- Zajistit kvalitu vykonaných zásahů
- Vytvořit systém provozně-údržbářských prací s možností integrace do navazujících podnikových činností

Systém údržby po poruše

Prostředky výroby jsou provozovány bez velkých nároků a nákladů na údržbu až do doby poruchy nebo havárie. Daná koncepce je naprosto nevhodná a znemožňuje jakékoliv zavedení systémového řešení údržby. Tento systém lze využít pouze u absolutně nedůležitých zařízení, která nenaruší svým výpadkem výrobní proces. [4]

Systém plánovaných preventivních oprav

Po uplynutí předem stanoveného cyklu se provádí plánovaná preventivní prohlídka a plánovaná preventivní oprava. Rozhodujícím ukazatelem je zde cyklus oprav a prohlídek definovaný jako časový interval mezi pořízením a generální opravou. Daný systém je velmi nákladný, není optimální, neboť je založen na pevném časovém cyklu bez ohledu na objektivní technický stav udržovaného objektu. [4]

Systém diferencované proporcionální péče

Stroje a zařízení žádného výrobního subjektu netvoří homogenní soubor, ale dílčí soubory různého významu, různých vlastností, různé vyprojektované životnosti, různého provozního zatížení, různého časového využití apod., což vedlo k diferencovanému přístupu k provádění údržby. [4]

Systém diagnostické údržby

Tento systém údržby je první, který respektuje skutečný technický stav objektivizovaný metodami technické diagnostiky. Stroje a zařízení jsou odstavovány pouze tehdy, když dosáhly mezní fáze opotřebení či překročily meze přípustné tolerance. Metodami technické diagnostiky detekujeme poruchu, lokalizujeme místo možného defektu a specifikujeme druh defektu. Diagnostická měření jsou prováděna formou kontrolně-inspekční činnosti v časových cyklech, na objednávku nebo monitorováním. [4]

Systém údržby podle skutečného stavu zařízení

Koncepce údržby podle skutečného stavu výrobního zařízení je postavena na co nejdokonalejší znalosti okamžitého stavu zařízení. Tato znalost je dosahována systematickým sběrem informací z inspekční, provozní a diagnostické činnosti. Tak je možno realizovat údržbu a opravy co nejpozději a v minimálním rozsahu, který zajistí přiměřenou provozní spolehlivost a dostupnost výrobního zařízení pro požadovanou kvalitu výroby.

Výchozí informace mají charakter důležitých provozních parametrů, které je nutno pravidelně nebo průběžně měřit, vyhodnocovat a interpolovat. Při tom se neposuzuje jenom současný stav, ale na základě trendu vývoje se odvozují prognózy. Tím lze lépe připravit údržbářský zásah a sladit termín údržbářského zásahu s požadavky výrobních plánů a dalších potřebných vazeb. Sběr, analýza a vyhodnocení potřebných informací s následnou formulací a specifikací údržbářských zásahů a sledováním realizovaných údržbářských výkonů jsou zpravidla realizovány s podstatnou podporou výpočetní techniky.

Výrobní agregáty se odstavují pouze tehdy, jestliže to jejich technický stav na základě vyhodnocení všech informací vyžaduje. K realizaci údržbářských zásahů se v maximální míře využívají výrobní plánované nebo neplánované prostoje. Minimalizují se plánované prostoje vyvolané nutností údržbářských zásahů včetně minimalizace rozsahů plánovaných prací. Náhradní díly a uzly se vyměňují jen tehdy, jestliže dosáhly příslušného stupně opotřebení. Údržbářské zásahy a náklady na jejich realizaci jsou s využitím výpočetní techniky systematicky analyzovány a vyhodnocovány. Z vyhodnocování jsou odvozena korektivní opatření - konstrukční, technologická, provozní a jiná, která odstraní nebo omezí opakovatelnost údržbářského zásahu. Do procesu údržby podle skutečného stavu jsou aktivně zapojeni a na snižování nákladů hmotně zainteresováni všichni, kteří proces ovlivňují. [2]

4 Totálně produktivní údržba (TPM)

TPM (Total Productive Maintenance) je anglickou zkratkou pro produktivní provozování strojů a zařízení. Má svůj původ v Japonsku. V literatuře [15] je TPM definována jako soubor činností vedoucích k provozování strojů a zařízení v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který tyto podmínky zabezpečuje.

TPM je soubor aktivit s cílem [15]:

- Vytvořit takovou strukturu podniku, která zabezpečí maximální efektivnost výrobního systému
- Eliminovat poruchy, chyby a další ztráty na zařízení
- Zvyšovat postupně efektivitu zařízení
- Zlepšovat zisk firmy
- Vytvořit vyhovující pracovní podmínky
- Motivovat a zapojit všechny pracovníky a útvary do zlepšování
- Dosáhnout nulové ztráty prostřednictvím týmové spolupráce

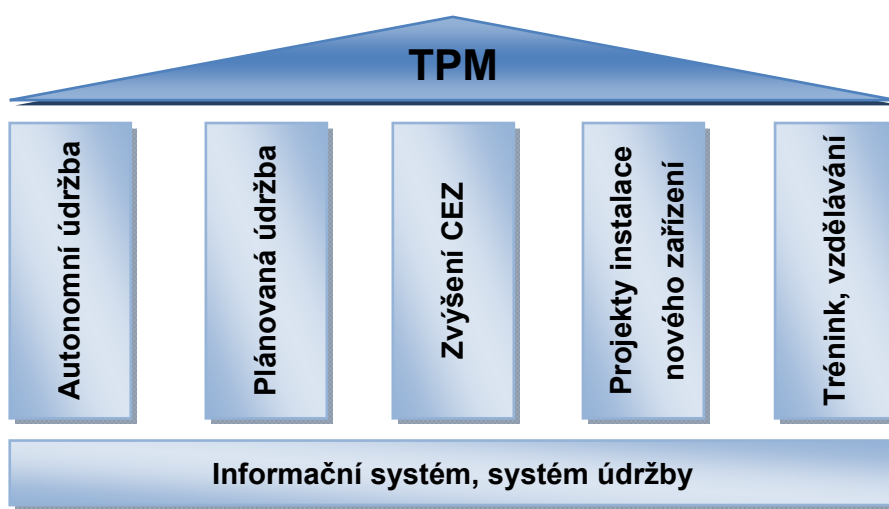
TPM zapojuje všechny pracovníky ve výrobě do činností, které směřují k minimalizaci prostojů zařízení, poruch a nekvalitních výrobků. Způsob dělby práce, kdy operátor na stroji pracuje a poruchu řeší pracovník údržby, je zde překonán. Obsluha při své práci, běžné kontrole nebo čištění zařízení může zachytit případný zdroj budoucí poruchy velkého rozsahu. Proto se odpovědnost za denní kontrolu stavu, běžnou údržbu a udržování čistoty stroje přenáší z oddělení údržby přímo na výrobní pracovníky. Kromě údržbářů

a obsluhy jsou do systému TPM zapojeni také mistři, technologové a další profese například z technické přípravy výroby.

Hlavním motorem zavádění však musí být i management firmy, protože jde o změnu postojů zaměstnanců i podnikové kultury firmy.

4.1 Základní pilíře TPM

Systém TPM je postaven na pěti základních pilířích (programech):



Obr. 2 Pět pilířů TPM [15]

4.1.1 Systém údržby a informační systém

Řízení údržby a správy podnikového hmotného majetku s využitím informačních systémů výrazně zefektivňuje činnost pracovníků oddělení údržby i celého výrobního procesu. Systémy řízení údržby poskytují potřebnou podporu pro plánování a řízení všech činností spojených s údržbou zařízení - od instalace nového zařízení až po preventivní nebo operativní opravy. Přínosy pro zavádění těchto systémů lze najít hlavně ve zlepšení rozhodovacích procesů. Systém značně zjednodušuje poskytování podkladů, vzhledem k velkému množství součástí výrobních zařízení, činností na nich a při plánování servisních nákladů [3].

Informační systém pro řízení údržby by měl obsahovat [2]:

- Základem většiny používaných informačních systémů údržby je vhodně specifikovaná struktura objektů (strom objektů). Tato začíná na nejvyšší úrovni členěním organizačních celků podniku (závody, provozy) a přes nižší výrobní subjekty (linky, tratě, střediska, zařízení, agregáty, uzly) končí na nejnižší úrovni

třeba až u kritických součástí pohonných či regulačních prvků výrobních zařízení. Tak je umožněno zobrazení komplexních podnikových struktur s flexibilními organizačními jednotkami. Stupněm rozvětvení stromu objektů jsou předem určeny stupeň znalosti stavu výrobního zařízení, úroveň přístupu k procesům údržby a transparentnost údržby.

- Nástroje pro systematický sběr informací umožňujících realizovat údržbářské procesy na základě konkrétních faktů, zdůvodňujících rozhodování o rozsahu, intenzitě a termínech údržbářských zásahů. Nástroje pro důslednou realizaci inspekčních činností z pohledu jak objektové, tak i oborové inspekce, nástroje pro začlenění technické diagnostiky a nástroje pro systematický sběr informací od obsluh výrobních zařízení. Měl by umožňovat zápis údajů o poruše objektu včetně definice vlivu na okolí (výroba, ekologie) a plánování a zápis údajů cyklických úkonů (mazání, seřizování).
- Nástroje pro analýzu a vyhodnocování získaných informací a pro následnou formulaci údržbářských zásahů s vazbou na katalogy údržbářských kapacit a údržbářských činností, MTZ a plán oprav – „zlatý hřeb“ údržbářského systému.
- Vazbu do informačního systému MTZ pro vytvoření katalogu náhradních dílů s možností jejich vazby na objekty. Realizaci systému rezervací, blokad a objednávání ND v procesu tvorby pracovních postupů a pracovních příkazů. Realizaci systému řízení výdejen nástrojů, přístrojů, náradí a drobného materiálu.
- Vazbu do archivu výkresové dokumentace pro zajišťování speciálních ND.
- Adresář dodavatelů ND a služeb.
- Vazbu na personální informační systém s průběžnou aktualizací databáze zaměstnanců pro vytvoření katalogu údržbářských kapacit, jednoznačné stanovení odpovědnosti za každý úkon v informačním systému.
- Nástroje pro vytvoření katalogu údržbářských činností s přiřazením potřebných ND a údržbářských kapacit.
- Účelné začlenění všech katalogů do procesu tvorby pracovních postupů a pracovních příkazů.
- Vlastní modul MTZ nejlépe s účinnou podporou systémů pro automatickou identifikaci materiálu i osob umožňující nejen evidenci zásob, ale i řízení zásob a řízení skladů, a zohledňující zvláštní předpisy pro hospodaření s mazivy, případně i jinými nebezpečnými materiály.
- Nástroje pro tvorbu objednávkových návrhů ND i služeb včetně podkladů pro výběrová řízení a smlouvy o dílo.

- Vazbu na manažerský, ekonomický a účetní informační systém (výstupní sestavy, fakturace).

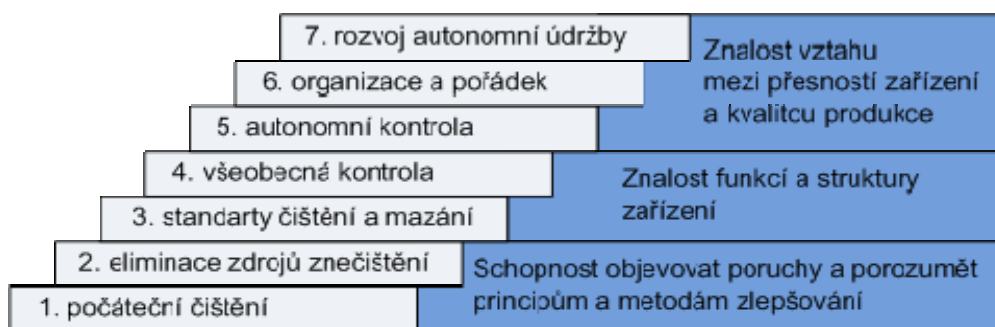
Systémy poskytují pokročilé informace pro analýzy, podklady pro ISO a snižují pracnost při tvorbě reportů. Obsahují funkce pro hodnocení ukazatelů sledovaných zařízení, sledování efektivity práce údržbářů atd.

4.1.2 Autonomní údržba

V systému autonomní údržby je do procesu udržování výrobního zařízení zapojena také obsluha tohoto zařízení. Obsluha zařízení je schopna včas rozpoznat blížící se poruchu na základě vizuálních, zvukových a jiných projevů při provozu a prodlužovat tak životnost stroje. Autonomní údržba neznamena převzetí nebo suplování povinností údržby, ale vykonávání vybraných opravárenských a kontrolních činností. Mezi úkoly obsluhy patří:

- Poznání funkce zařízení
- Čistění strojů a zařízení a opatření proti zdrojům znečištění
- Tvorba standardů pro čištění, mazání a kontrolu zařízení
- Monitorování a identifikování zdrojů poruch
- Zlepšování zařízení
- Spoluúčast na prevenci
- Provádění některých jednoduchých oprav
- Spolupráce s údržbáři - specialisty při větších závadách

Důsledkem zavedení autonomní údržby bývá výrazné snížení neplánovaných prostojů.



Obr. 3 Sedm kroků k zavedení autonomní údržby [15]

V krocích 1, 2 a 3 se snažíme zabezpečit podmínky pro chod stroje. Jde o zlepšení prostředí, ve kterém pracuje, a o vykonávání čištění, mazání, dotahování uvolněných částí atd. Výsledkem těchto kroků je:

- Odstranění všech závad na stroji
- Definování standardů čištění
- Definování standardů mazání
- Zjednodušené postupy čištění
- Unifikovaná maziva
- Vyškolená obsluha pro použití standardů

Kroky 4 a 5 obsahují činnosti spojené s vykonáváním základních prohlídek a z toho plynoucí opatření. Cílem je odhalování abnormalit ještě před vznikem poruch a jejich rychlé odstraňování. Pro tyto kroky je důležité:

- Stanovit standardy pro vykonávání autonomní údržby
- Pohled pracovníků směřovat na odchylky chodu zařízení od normálu
- Prohloubit a podpořit úroveň poznání pro vykonávání nevyhnutelných údržbářských zásahů

V krocích 6 a 7 jde o zlepšování aktivit získaných zkušeností a znalostí v zacházení se zařízením [6].

4.1.3 Plánovaná údržba

Při plánování údržby jde o vytvoření efektivního systému plánovaných údržbářských zásahů, které zabezpečí stabilní výrobní proces. Výrobní zařízení je udržováno plánovanými údržbářskými zásahy v takovém stavu, aby se již nevyskytla žádná další neplánovaná přerušení. Pro naplnění těchto cílů nestačí pouze práce obsluhy strojů v rámci autonomní údržby, ale je potřeba dalších specializovaných zásahů, které vykonává oddělení údržby. Mezi tyto činnosti například patří [7]:

- Výměna opotřebovaných dílů
- Údržba zařízení, která vyžaduje speciální pomocné látky nebo nářadí
- Časově náročné opravy
- Údržbářská opatření s vysokými nároky na bezpečnost
- Rychlé opravy při poruchách zařízení
- Odstranění konstrukčních chyb
- Odhad životnosti součástek
- Vykonávání periodických prohlídek
- Identifikace příčin poruch
- Diagnostické postupy
- Prevence

Zavedení autonomní údržby není postačující podmínkou pro dosažení cílů TPM. Propojení kroků autonomní a plánované údržby a jejich koordinovaný postup ve všech oblastech je zárukou úspěchu. Přínosy z úspěšného plánování a rozhodování se projeví ve zvýšení efektivity práce, zkrácení doby realizace, snížení počtu pracovníků a také snížení nákladů na údržbu.

4.1.4 Zvýšení celkové efektivity zařízení

Ke sledování a vyhodnocení efektivního využití strojů, včetně toho, jak kvalitně pracují, se používá koeficient celkové efektivity zařízení (CEZ), v anglické terminologii označovaný zkratkou OEE (Overall Equipment Effectiveness). Při jeho výpočtu jsou zohledněny tři základní ukazatele – dostupnost zařízení pro výrobu, výkonnost zařízení a kvalita výroby na zařízení. Při výpočtu těchto ukazatelů se zohledňují prostoje, ztráty výkonu a ztráty způsobené nekvalitní výrobou.

Výpočet CEZ

$$CEZ = Dostupnost \times Výkonnost \times Kvalita \quad [\%] \quad [4] \quad (4.1)$$

$$Dostupnost = \frac{\text{Možný využitelný čas} - \text{prстоje}}{\text{Možný využitelný čas}} \quad [\%] \quad [4] \quad (4.2)$$

$$Výkonnost = \frac{(\text{Ideální čas cyklu}) \times (\text{celkový počet výrobků})}{\text{Možný využitelný čas} - \text{prстоje}} \quad [\%] \quad [4] \quad (4.3)$$

$$Kvalita = \frac{\text{Celkový počet výrobků} - \text{neshodné výrobky}}{\text{Celkový počet výrobků}} \quad [\%] \quad [4] \quad (4.4)$$

Vztah mezi CEZ a plýtváním

Dostupnost	⇒ ↺	Poruchy strojů Přestavby – seřízení Neplánované přestávky Logistika vstupního materiálu Čekání na přidělení práce
Výkonnost	⇒ ↺	Špatný technický stav stroje Nestandardní kvalita vstupního materiálu Nezaučená obsluha Nesprávně stanovené technologické parametry výroby
Kvalita	⇒ ↺	Chyby pracovníka Porucha stroje Nesprávně stanovená technologie Nepochopení pracovního návodu Nevhodná kontrolní metoda Vadný vstupní materiál

Přesnost výpočtu CEZ a tím i možnost následné analýzy a optimalizace výroby závisejí na správné metodice výpočtu a na přesnosti získaných údajů z výrobního procesu.

4.1.5 Projekty instalace nového zařízení

Údržba byla definována jako činnost, která má udržet zařízení v bezporuchovém stavu, snižovat celkový počet poruch a také oddalovat termín jejich vzniku. Pokud postupně vykonáváme údržby, opravy a výměny, dalo by se z technického hlediska zařízení teoreticky používat neomezeně dlouho. Technický život zařízení je však ovlivněn také ekonomikou jeho provozu a morálním opotřebením. Nejčastěji používaným kritériem rozhodování o obnově zařízení je kritérium minimalizace nákladů. Na výši i průběhu těchto nákladů jako funkce doby provozu se podílejí tyto nákladové položky:

- Pořizovací a zůstatková hodnota zařízení
- Náklady spojené s provozem zařízení (náklady na obsluhu, energii, provozní hmoty, provozní ztráty, náklady na údržbu, diagnostiku a opravy)
- Náklady (ztráty) vyplývají z ekonomického znehodnocení (morálního opotřebenění – zastarání) zařízení

Jednotlivé nákladové položky v jednotkovém vyjádření jako funkce doby provozu mohou v izolovaném pojetí působit buď ve směru prodlužování technického života (jsou-li klesající funkcí doby provozu), nebo ve směru zkracování technického života (jsou-li rostoucí funkcí doby provozu) [10].

Cílem plánování nových zařízení je [9]:

- Vyšší spolehlivost zařízení
- Lepší udržovatelnost zařízení
- Zeštíhlení zařízení
- Stabilní provoz zařízení po instalaci

Při rozhodování o nových zařízeních je potřeba brát v úvahu zkušenosti obsluhy a údržby se stávajícím zařízením, náklady na životní cyklus zařízení, předpoklad možných problémů a návrh diagnostiky, technické specifikace nových strojů, náhradních dílů a další.

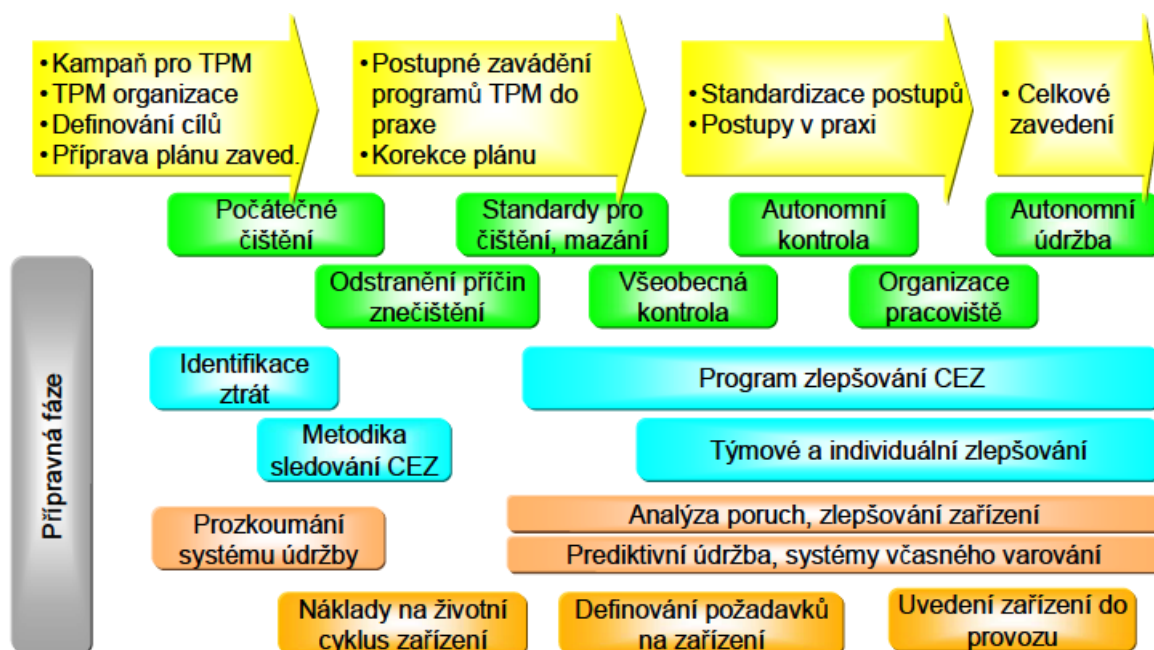
4.1.6 Program vzdělávání a tréninků

Nejvíce ceněným kapitálem každé firmy je lidský potenciál. Jeho hodnota závisí na jednotlivých pracovnících, na jejich odborných znalostech, dovednostech a schopnostech, které mají a dovedou je v praxi využít. To je dáno zejména soustavným zdokonalováním, seznamováním se s novinkami v oboru a tréninkem. V péči o zařízení – v řízení a provádění údržby, stejně jako v jiných oborech, stále více rozhoduje kvalita, která je dána zejména kvalitou lidí, jejich profesionalitou a schopností využívat získané kompetence. Zvyšování zručnosti a kvalifikace operátorů a pracovníků údržby je potřeba v oblastech [7]:

- Znalostí základních částí zařízení a jejich vlivu na parametry procesů
- Technik prediktivní údržby
- Technické diagnostiky
- Zlepšování procesů
- Nástrojů kvality
- Řešení problémů

4.2 Implementace TPM

Zavádění totálně produktivní údržby by mělo probíhat na základě vytvořeného plánu. Plán obsahuje časový harmonogram jednotlivých fází a činností pro dosažení daných cílů. Na obr. 4 je znázorněn plán zavádění TPM.



Obr. 4 Plán zavedení TPM v podniku [1]

TPM je dlouhodobý koncept, který vyžaduje změny v myšlení a spolupráci mezi oddělením údržby a výroby. Výsledkem této spolupráce je redukce neplánovaných oprav a zvyšování podílu plánovaných údržbářských činností. Úspěch implementace TPM závisí na podpoře managementu, který musí správně definovat cíle a organizační rámec pro implementaci jednotlivých prvků TPM. V tabulce č. 1 jsou uvedeny jednotlivé fáze a činnosti implementace TPM.

Tab. 1 Postup implementace TPM [9]

Fáze	Krok	Činnost
Příprava projektu TPM	Příprava projektu, rozhodnutí zavést TPM v podniku	Vysvětlení cílů, postupů a principů na schůzkách s pracovníky a informačních seminářích
	Zahájení vzdělávání a kampaně na podporu TPM	Semináře pro různé úrovně personálu
	Vytvoření vhodné organizační struktury na zavedení TPM	Vytvoření realizačních týmů na různých úrovních, stanovení řídicího manažera projektu, výběr a výcvik vhodného personálu pro implementaci TPM
	Vypracování základních cílů a postupu zavedení TPM	Analýza existujícího stavu, definování konkrétních cílů, které mají být dosaženy, časový harmonogram a konkretizace jednotlivých kroků
	Plán realizace TPM v podniku	Zpracování detailního a závazného plánu realizace TPM v podniku
Zkušební implementace	Úvodní TPM projekt ve vybrané části výroby	Zapojení kooperujících firem, vyhodnocení prvních zkušeností
Implementace TPM v podniku	Zlepšování celkové efektivity zařízení ve výrobě	Výběr zařízení, formování týmů pro TPM
	Zpracování programů autonomní údržby	Vytvoření a rozvoj diagnostických nástrojů a schopností pracovníků v TPM týmech
	Vytvoření plánů pro oddělení údržby	Periodické a preventivní prohlídky, kooperace s TPM týmy, management náhradních dílů, nástrojů, pracovních příkazů a plánů
	Tréninky zaměřené na řešení detailních problémů v TPM týmech	Trénink vedoucích týmů ve vedení a moderování skupiny, trénink v řešení vybraných technických problémů údržby
	Zavedení kompletního TPM programu	-
Stabilizace	Zlepšování a stabilizace TPM programu, stanovení vyšších cílů, hodnocení výsledků	-

4.2.1 Přínosy realizace TPM v podniku

Podstata metody TPM spočívá v dosahování lepšího využití strojů a zařízení zkvalitněním práce údržby. Podle literatury [9] jsou typické přínosy zavedení TPM:

- Zvýšení CEZ o 20 – 30 % (tento údaj silně závisí na typu technologií a výroby)
- TPM přináší systematické řešení příčin problémů, které nebyly předtím řešeny
- Redukce poruchovosti o 50 – 80 %
- Úspory v nových investicích, které vznikly efektivnějším využíváním stávajících zařízení a prodloužením jejich životnosti
- Redukce nákladů na náhradní díly a snížení zásob náhradních dílů
- Minimalizace rizika výpadku klíčových zařízení při optimálních nákladech na údržbu

4.2.2 Omezení a rizika implementace TPM

Úspěšnost zavedení systému TPM mohou negativně ovlivnit následující omezení a rizika [9]:

- Nízká kvalifikace a motivace personálu ve výrobě
- Problémy spolupráce mezi výrobou a údržbou
- Neznalost principů TPM na straně vrcholového managementu
- Nejasné cíle a postup projektu TPM
- Netrpělivost – první měřitelné efekty se projevují po 1 – 1,5 roku implementace
- Nedostatek času, nízká priorita, jednostranná orientace na výrobní výkon na úkor údržby

Praktická část

5 Analýza současného stavu

V této části diplomové práci se zabývám analýzou současného stavu jednotlivých složek a činností údržby v provozu Kyslíkárna a systémem jeho řízení.

5.1 Představení společnosti LINDE VÍTKOVICE a.s.

LINDE VÍTKOVICE a.s. je společným podnikem Linde AG (50 %) a VÍTKOVICE a. s. (50 %). Společnost je tvořena dvěma výrobními závody v Ostravě - kyslíkárnou a výrobnou acetyleny, a jedním v Ústí nad Labem - preparací (kompletace acetylenových lahví).

Kyslíkárna produkuje technické plyny kyslík, dusík a argon. Větší část produkce je dodávána potrubními rozvody do areálu společnosti VÍTKOVICE a.s., menší část produkce je distribuována v kapalně formě do obchodní sítě společnosti Linde Gas a.s. Acetylenka zásobuje společnost VÍTKOVICE a.s. potrubním acetylenem. Preparace dodává kompletní acetylenové lahve a svazky lahví plynářským společnostem v celé Evropě.

Cílem LINDE VÍTKOVICE a.s. je vyrábět technické plyny v požadované jakosti při trvalém snižování škodlivých vlivů na životní prostředí a při zachování absolutní bezpečnosti a spolehlivosti zařízení.

Cílem společnosti v dlouhodobém horizontu je zajistit svým zákazníkům dodávky technických plynů ve stále se zlepšující jakosti při trvalém snižování energetické náročnosti. V provozu Preparace je cílem společnosti stát se jedním z největších evropských dodavatelů acetylenových lahví.

Nejvýznamnějšími zákazníky ostravských provozů jsou Linde Gas a.s., VÍTKOVICE a.s. a zprostředkovaně EVRAZ VÍTKOVICE STEEL, a.s. Produkce provozu Preparace je odebírána prakticky veškerými významnými evropskými plynářskými firmami.

Společnost je certifikována dle ISO 9001:2000, ISO 14001:2004 a OHSAS 18001:1999.

Společný podnik vznikl v září 1992 vstupem zahraničního partnera do existující Kyslíkárny VÍTKOVICE provozované od roku 1964, a následným rozšířením o provozy Acetylenka a Preparace [5].

5.1.1 Popis technologie výroby technických plynů

Vzhledem k tomu, že diplomová práce řeší systém údržby v provozu Kyslíkárna, považuji za důležité v této souvislosti stručně popsat technologii výroby technických plynů.

Výroba technických plynů se uskutečňuje ve čtyřech nízkotlakých kyslíkových aparátech rektifikací atmosférického vzduchu. Každý z aparátů je vybaven dvěma expanzními turbínami, které kryjí tepelné ztráty aparátu. Atmosférický vzduch je stlačován vzduchovými kompresory a po ochlazení ve sprchových chladičích veden potrubím do vlastních kyslíkových aparátů. Podle objemu výroby lze vzduch stlačovat ve čtyřech turbokompresorech a dvou šroubových kompresorech. Vzduch se po vstupu do aparátů nejprve ochlazuje v regenerátorech na teplotu blízkou mezi sytosti, pak vstupuje do systému kolon, kde je rozdělován na jednotlivé složky (kyslík, dusík a argon). Produkce argonu se v kapalně formě skladuje v kryogenních zásobnících, odkud po odpaření proudí potrubím k odběratelům. Ostatní plyny jsou vyráběny v plynné fázi, dále stlačovány a rovněž potrubím dopravovány k odběratelům. Ke stlačování dusíku slouží tři turbokompresory a dva pístové kompresory. Kyslík je možno stlačovat dvěma turbokompresory a dvěma pístovými kompresory. Část produkce kyslíku a čistého dusíku se zkapalňuje ve zkapalňovači a skladuje ve velkoobjemových kryogenních zásobnících. Distribuce kapalných plynů je zajišťována cisternami.

Při stlačování vzduchu a technických plynů vzniká velké množství odpadního tepla, které je z procesu odváděno chladicím systémem. Uzavřený chladicí systém je tvořen dvěma chladicími věžemi s umělým tahem. Tah chladicích věží podporuje šest ventilátorů. Chladicí voda je dopravována potrubím k chladičům jednotlivých strojů pomocí pěti vertikálních čerpadel.

5.2 Organizace údržby v provozu Kyslíkárna

Cílem údržby každého podniku je zajistit plynulý a bezpečný provoz výrobního zařízení. Dosahování tohoto cíle je v provozu Kyslíkárna zajišťováno prostřednictvím outsourcingu. Provoz Kyslíkárna nakupuje veškeré údržbářské práce u externích organizací. Pracovníci strojní údržby, elektro údržby a údržby měření a regulace pracují dlouhodobě v kyslíkárně, jako by byli jejími zaměstnanci, jsou však zaměstnaní u těchto externích organizací, které zabezpečují jejich odměňování, školení, vybavení a ostatní záležitosti. Pracovníci údržby řídicích systémů zasahují pouze v případě potřeby. Pracovníci údržby jsou k dispozici v pracovních dnech na ranních směnách. O víkendech drží pracovník údržby měření a regulace pohotovost (dostupnost po telefonickém požadavku). Údržbu výrobního zařízení lze rozdělit podle druhu činnosti na čtyři úseky.

5.2.1 Strojní údržba

Strojní údržba je stabilně zajišťována jedním pracovníkem, který má dlouholeté zkušenosti s údržbou zařízení na kyslíkárně. Hlavními úkoly pracovníka strojní údržby jsou mechanické opravy nebo výměny strojních částí, veškerých armatur, revize a zkoušky TNS, čištění a výměna filtrů, výměny olejových náplní, opravy menšího rozsahu, práce při výměnách zařízení, obsluha zvedacích zařízení atd. Tento pracovník provádí také další drobné opravy v areálu kyslíkárny, jako jsou např. opravy sociálních zařízení, opravy poškozených dveří, opravy vytápění atd. K dispozici má k těmto účelům dílnu vybavenou ručním i speciálním nářadím. Pokud rozsah nebo složitost opravy přesahuje rámec vybavení jeho dílny, je využito zázemí v mateřské organizaci. Při plánovaných opravách většího rozsahu mu asistují další pracovníci jeho firmy.

Při dopravě stlačeného vzduchu z kompresorů do dělicích přístrojů, při stlačování a dodávce produktů do sítě odběratelů i při chlazení celé technologie kyslíkárny je využíván rozsáhlý potrubní systém. Bezpečnost a spolehlivost potrubního systému, jeho modernizace a obnova je realizována dvěma pracovníky, kteří provádějí zejména svářečské a montážní práce. Tito pracovníci také v případě potřeby asistují při zajišťování strojní údržby zařízení.

5.2.2 Elektro údržba

Pro pohon kompresorů jsou ve většině případů použity synchronní elektromotory velkých výkonů o jmenovitém napětí 6 kV. Tyto konfigurace kladou vysoké nároky na funkce spínačů, ochran, transformátorů a jiných prvků elektro rozvoden. Pracovník elektro údržby se stará také o kabelové rozvody a ostatní elektrická zařízení provozu Kyslíkárna.

U revizí a oprav většího rozsahu asistuje externím dodavatelům. K dispozici má rovněž patřičně vybavenou dílnu.

5.2.3 Údržba měření a regulace

Charakter výroby technických plynů také klade vysoké nároky na spolehlivost měřicí techniky výrobních zařízení. Pracovník údržby měření a regulace se stará zejména o přesnou funkci veškeré měřicí techniky, provádí kalibrace analyzátorů, kontroly měřidel, seřizování regulátorů, údržbu pneumatických členů v regulovaných soustavách, kontroly funkce ochran zařízení, spolupracuje s revizním technikem plynových zařízení při revizích atd. Při pracích většího rozsahu koordinuje činnost dalších externích pracovníků.

5.2.4 Údržba řídicích systémů

Technologie výroby na kyslíkárně je z velké části řízena dálkově z centrálního velínu. Přenos měřených veličin a signálů na akční členy umístěné přímo na zařízení a zpět na PC je zprostředkováván pomocí rozsáhlých řídicích systémů. Údržba se zaměřuje na zajištění spolehlivosti a rozvoje těchto systémů.

5.2.5 Obsluha zařízení

Plnění úkolů obsluhy zařízení kyslíkárny nelze přímo považovat za údržbu zařízení, ale tato činnost s údržbou úzce souvisí a ovlivňuje její rozsah a náročnost. Výroba v provozu Kyslíkárna probíhá nepřetržitě. Pracovníci obsluhy zařízení jsou rozděleni do čtyř směn. Vedoucí směny spolu s dalšími třemi pracovníky obsluhují jednotlivé kompresory, dělicí aparáty a další zařízení. Činnost obsluhy zařízení je zaměřena na optimalizaci a monitorování parametrů výroby a dodávky plynů, kontrolní a obchůzkovou činnost, požární dohled po ukončení svářečských prací údržby, na řešení vzniklých situací a ostatní činnosti.

5.3 Kompetence řízení údržby v provozu Kyslíkárna

Řízení údržby v provozu Kyslíkárna spadá do kompetencí vedoucího, technologa a metrologa kyslíkárny.

Vedoucí řeší tyto hlavní úkoly:

- Smluvní zajištění jednotlivých složek údržby
- Řízení ekonomiky údržby
- Vyhodnocování ukazatelů údržby
- Tvorba položkového plánu oprav (ve spolupráci s technologem a metrologem)
- Schvalování objednávek externích činností a nákupu ND
- Plánování a zajištění vykonávání elektro revizí, revizí ZZ a revizí PZ
- Kontrola plnění plánů údržby

Technolog zajišťuje:

- Operativní plánování a řízení strojní a elektro údržby
- Organizaci oprav zařízení
- Organizaci plnění úkolů běžné strojní a elektro údržby
- Kontrolu prováděné údržby
- Vyhodnocování a archivace výsledků technické diagnostiky
- Správu archivu technické dokumentace
- Plánování a zajištění vykonávání revizí TNS
- Objednávky ND
- Ostatní úkoly související se strojní a elektro údržbou

Metrolog má na starosti:

- Operativní plánování a řízení údržby měření a regulace
- Organizaci plnění úkolů běžné údržby měření a regulace
- Kontrolu prováděné údržby
- Plánování a zajištění kalibrací, stanovených kontrol a pracovních měřidel
- Objednávky ND
- Ostatní úkoly související s údržbou měření a regulace

5.4 Informace pro řízení údržby

Informace potřebné pro řízení systému údržby jsou získávány z několika zdrojů.

Technická dokumentace

Ke každému zařízení kyslíkárny je k dispozici příslušná technická dokumentace. Technická dokumentace je v tištěné podobě a skládá se z konstrukčních výkresů jednotlivých částí zařízení a projektové dokumentace. Je uložena v archivu, který spravuje technolog kyslíkárny.

Evidence strojů a zařízení

Evidence strojů je vedena z hlediska účetnictví jako hmotný investiční majetek. Pro potřeby operativního řízení údržby si zpracovává technolog písemné poznámky o poruchách a opravách zařízení.

Příručky pro obsluhu a údržbu zařízení

Rozsah minimální péče o strojní zařízení je definován v příručce pro obsluhu a údržbu daného zařízení. Doporučení výrobce by mělo sloužit také pro tvorbu standardů čištění, mazání a plánu preventivní údržby. Tato příručka je k dispozici pouze u novějších turbokompresorů TK 4, TK 5, TK 6 a sušící stanice. Starší zařízení je udržováno na základě zkušeností.

Monitorování zařízení a obchůzková činnost obsluhy

Dalším důležitým zdrojem jsou trendy vývoje měřených veličin a výsledky kontrolní činnosti obsluhy, které jsou zapisovány do provozních deníků zařízení nebo do knihy závad.

Závěry z provedené technické diagnostiky

Zprávy z měření technickou diagnostikou slouží k rozhodování o provádění údržby podle skutečného stavu zařízení, která zahrnuje např. filtraci nebo výměnu olejových náplní mazacích systémů kompresorů a expanzních turbín, mazání nebo výměnu valivých ložisek, ustavování spojek motorů atd.

Závěry z provedených revizí

Závěry provedených revizí slouží jako podklady při kontrolách BOZP, při pravidelných auditech a jako doklady o tom, že je zařízení kyslíkárny provozováno v mezích příslušné legislativy.

5.5 Softwarová podpora řízení údržby

V současné době není pro řízení údržby používán žádný pro tento účel vyvinutý software. Softwarová podpora je omezena na využívání zejména:

- **MS Excel** - využívá se při sledování ekonomických ukazatelů, hodnocení údržby, tvorbě plánů, časové evidenci činnosti pracovníků údržby atd.
- **Databázová aplikace vytvořená v prostředí Paradox** – slouží pro evidenci a plánování revizí TNS
- **Software pro řízení účetnictví Pohoda** – zde je vedena evidence HIM a skladové hospodářství ND

5.6 Plánování údržby

5.6.1 Položkový plán oprav

Vždy na konci kalendářního roku sestavuje vedoucí provozu Kyslíkárna ve spolupráci s technologem a metrologem tzv. položkový plán oprav na příští kalendářní rok. Položkový plán oprav stanovuje celkové náklady na údržbu zařízení na daný rok, které jsou součástí rozpočtu celého střediska a nelze je překročit. Jsou možné pouze přesuny nákladů mezi jednotlivými položkami. Tento plán obsahuje seznam jednotlivých zařízení, stručný popis účelu vynaložení nákladů a plánovanou výši nákladů. Součástí plánu je rovněž stanovení výše nákladů na činnost běžné údržby v daném roce. Plán oprav na rok 2011 je přílohou č. 1.

Položkový plán oprav je sestavován na základě:

- Plnění předchozích plánů
- Technického stavu zařízení
- Výsledků technické diagnostiky
- Zkušeností vedoucího, technologa a metrologa

5.6.2 Plány revizí EZ, ZZ a PZ

Plány revizí jsou zpracovávány vedoucím kyslíkárny a obsahují seznamy zařízení s termíny realizací revizí. Vedoucí kyslíkárny zajišťuje i jejich plnění. U elektrických zařízení dle ČSN 33 1500, ČSN 33 1600, ČSN 33 1610, ČSN 33 2000-6-61. Zdvhací zařízení jsou revidována dle ČSN 27 0142 a vyhrazená plynová zařízení dle vyhl. č. 18/1979 Sb., NV 378/2001 Sb., NV 101/2005 Sb., vyhl. č. 48/1982 Sb. v platném znění.

5.6.3 Plán revizí TNS

Plán revizí TNS vypracovává technolog kyslíkárny, který také zajišťuje jeho plnění dle ČSN 69 0012. Plán obsahuje seznam jednotlivých tlakových nádob rozdělených podle zařízení, kterému náleží, s termíny revizí.

5.6.4 Plány kontrol a kalibrací měřidel

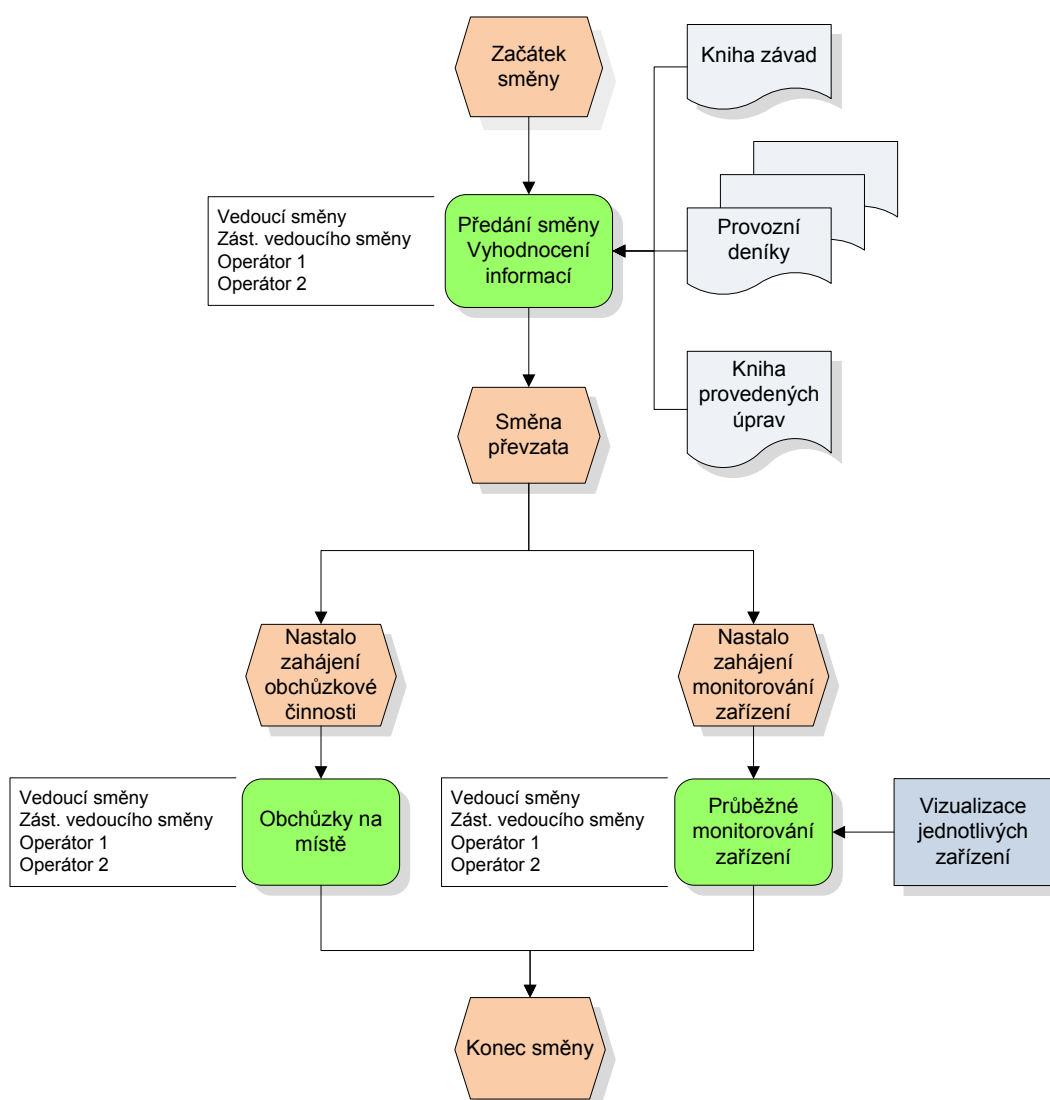
Plán kontrol a kalibrací měřidel vypracovává a zodpovídá za jeho plnění metrolog kyslíkárny. Plán je rozdělen na dvě části. První část plánu obsahuje seznam stanovených měřidel a termíny kalibrací jednotlivých prvků dle Zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii v platném znění. Druhá část obsahuje seznam jednotlivých zařízení a stanoví termíny kontrol a kalibrací pracovních měřidel dle Řádu metrologie LINDE VÍTKOVICE a.s.

5.7 Preventivní údržba

Preventivní údržba se má provádět dle předem stanovených časových harmonogramů nejčastěji jako týdenní, měsíční, čtvrtletní či roční údržba stroje. Základním dokumentem, který stanovuje termíny a rozsah provádění preventivní údržby jednotlivých zařízení, je plán preventivní údržby. Tento plán musí vycházet z dokumentů výrobce každého zařízení, kde je uveden detailní popis činností (např. výměna filtrů, mazání, čištění apod.), které je potřeba na daném zařízení provádět. Celkový plán preventivní údržby není zpracován, preventivní kontroly, čištění a údržba jsou prováděny na základě dostupných dokumentů a zkušeností.

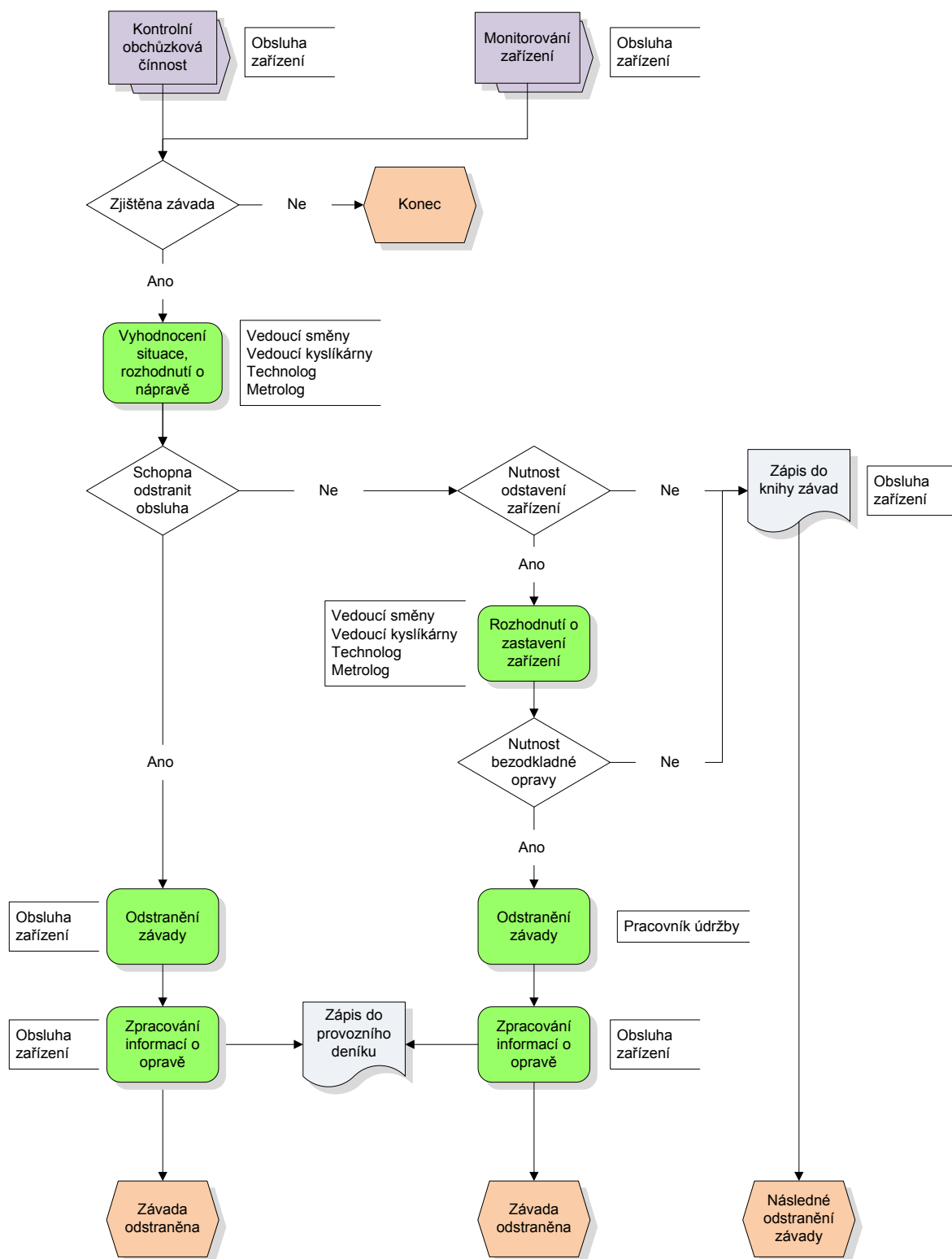
5.8 Kontrolní činnost obsluhy zařízení

Kontrolní činnost obsluhy zařízení spočívá v monitorování parametrů výrobního procesu prostřednictvím vizualizací na velínu a v kontrolních obchůzkách zařízení přímo na místě. Aby byla dosahována výkonnost a předepsaná kvalita výroby, musí se jednotlivé parametry výrobních procesů pohybovat v určitých stanovených mezích. Při překročení parametrů musí obsluha provést takové zásahy, které vrátí výrobní proces zpět na normální úroveň. Kontrolní obchůzky zařízení probíhají dvakrát za směnu. Obsluha provádí vizuální kontrolu strojů a zařízení, vnímá jejich zvukový projev a kontroluje parametry procesu, které nejsou zavedeny do vizualizací na velínu. Do provozních deníků jednotlivých zařízení jsou prováděny písemné záznamy o provedených kontrolách. Postup monitorování výrobního procesu a kontrolní obchůzky je uveden na obr. 5.




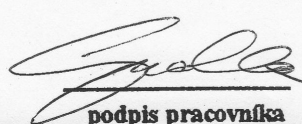
Obr. 5 Kontrolní činnost obsluhy zařízení

Výsledkem kontrolní činnosti obsluhy mohou být tři situace. Není-li zjištěna žádná závada, výroba pokračuje beze změn. Pokud obsluha na zařízení zjistí závadu, vedoucí směny rozhodne, zda bude závada odstraněna obsluhou, nebo je k odstranění závady potřeba přivolat pracovníka údržby. Když je závada menšího rozsahu a není ohrožena bezpečnost provozu, je zařízení provozováno dále a závada je odstraněna pracovníkem údržby následně. Při poruše, která nedovolí další provoz zařízení, rozhoduje vedoucí směny, případně vedoucí kyslíkárny, nebo technolog o odstavení zařízení z provozu. Na odstranění poruchy u zařízení bez zálohy, např. NKP, se podílejí pracovníci údržby ihned, u zařízení se zálohou je odstranění poruchy naplánováno.



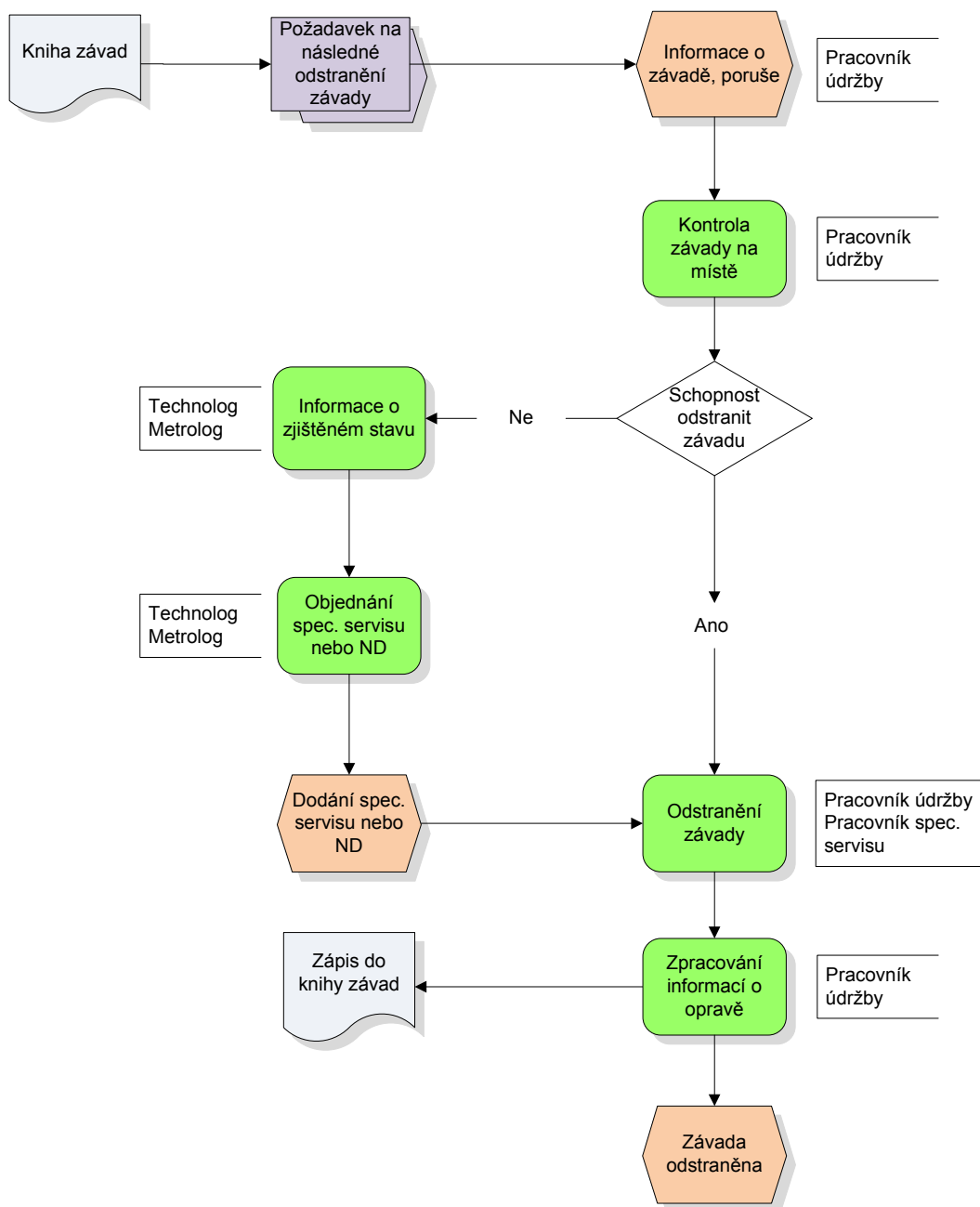
Hlášení a odstraňování poruch

Závady zjištěné obsluhou zařízení, které jsou určeny k následnému odstranění pracovníky údržby, jsou zaznamenávány do knihy závad. Záznam obsahuje specifikaci zařízení, na kterém se vyskytla závada, časové údaje, určení druhu údržby, stručný popis závady a podpis obsluhy. Formulář pro záznam závad je na obr. 7.

LINDE VÍTKOVICE a. s. - Provoz KYSLÍKÁRNA	
EVIDENCE OPRAV - ZÁVAD	Zařízení: KPL-2
Zjištění závady:	Odstranění závady:
Datum: 10.3.11	Datum: 11.3.11
Hodina: 16 ⁰⁰	Hodina: 12 ⁰⁰
Místo:	
Druh: SÚ, EÚ, MaR, SYSTÉM	
Popis závady:	Provedené práce:
DEHNĚ KOVILÁ PŘES PŘÍRUBU NA VSTUPU Z II. VÁLCE	DOPOLEDNÍ ÚDRŽBA
Obsluha: 	Údržba: 
podpis strojířka	podpis pracovníka

Obr. 7 Formulář pro záznam závad

Vždy na začátku směny pracovníci údržby kontrolují, zda jsou v knize nové požadavky na odstranění poruch. Provedou kontrolu daného zařízení na místě a pokusí se poruchu odstranit. Po odstranění závady zapíše pracovník údržby do formuláře pro záznam závad datum a čas odstranění závady a stručný popis provedené práce. Pokud nelze poruchu odstranit např. z důvodu chybějících ND, nebo porucha vyžaduje odbornější zásah, informují technologa, případně metrologa kyslíkárny, který rozhodne o dalším postupu. Postupové schéma odstraňování závad je na obr. 8.



Obr. 8 Postup odstraňování závad

5.9 Technická diagnostika

Technická diagnostika je souhrn objektivních, bezdemontážních a nedestruktivních metod, které slouží k získávání informací o zkoumaném objektu prostřednictvím jeho vnějších projevů (vibrace, zvuk, teplo atd.). Ke sledování stavu zařízení na kyslíkárně se používají tři skupiny technické diagnostiky:

Průběžné měření vibrací

První skupinu tvoří vibrační diagnostika, která je součástí měřicího vybavení daného stroje. Jedná se o průběžné měření vibrací ložisek u některých kompresorů a u turbín zkapalňovače. Výsledky měření lze sledovat přímo na vizualizacích daných zařízení prostřednictvím okamžitých hodnot nebo trendů.

Periodické měření vibrací

Druhou skupinu tvoří vibrační diagnostika, která se provádí periodicky v určitých časových intervalech. Data jsou zaznamenávána a vyhodnocována pracovníky odborné firmy, kteří provádějí měření pomocí diagnostických přístrojů a porovnávají naměřené hodnoty s daty minulých měření. Vyhodnocení vibrací se provádí dle normy ČSN ISO 10816. Součástí protokolu z vyhodnocení měření je také trend vývoje vibrací. Podle vývoje stavu jednotlivých objektů je vydáno doporučení dalšího provozu nebo odstavení zařízení.

Tribodiagnostika

Samostatnou skupinu tvoří tribodiagnostika. V určitých časových intervalech jsou odebírány vzorky olejů a zasílány odborné firmě k rozboru. Vyhodnocuje se vývoj degradace a znečištění olejových náplní strojů. Vyhodnocení se provádí dle platných ČSN: Číslo kyselosti 65 6070, Kinematická viskozita 65 6216, Obsah vody 65 0330, Kód čistoty dle ISO 4406, Barva a vzhled – metodika vizuální. Výsledky z rozborů jsou zpracovávány ve formě protokolu z měření.

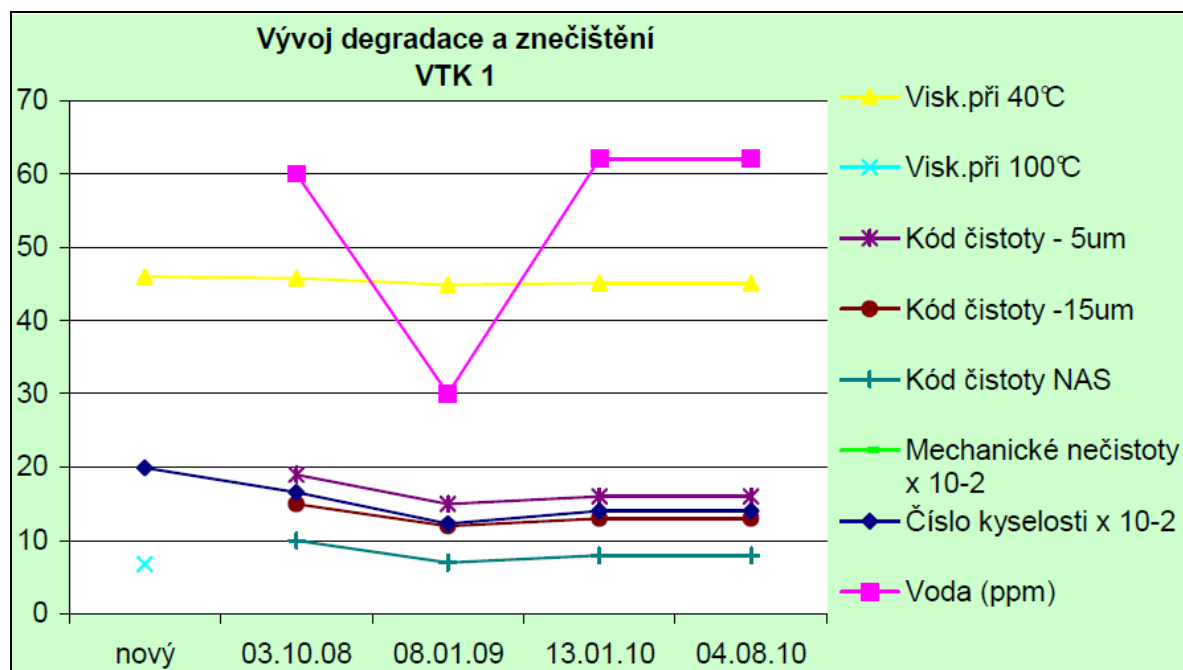
Preslia 46 - 3 000 litrů

VTK č.1

Druh stanovení	Doporučený limit	Nový	03.10.08	08.01.09	13.01.10	04.08.10
Kin. visk./40°C	41,4, - 50,6	46,00	45,77	44,86	45,12	45,90
Deemulg.charakter.	40-40-0 (max. 30 min.)					
Číslo kyselosti mg KOH/g	max. 0,2 za 3 měsíce	0,20	0,17	0,12	0,14	0,15
Kód čistoty - 5um	max. 18		19	15	16	17
Kód čistoty - 15um	max. 16		15	12	13	14
Kód čistoty NAS	max. 10		10	7	8	9
Mechanické nečistoty						
Obsah vody v ppm	500 ppm		60	30	62	87
Barva	změna	žlutá	sv.žlutá	sv.žlutá	sv.žlutá	sv.žlutá
Vzhled	změna	čirý	průhledný	průhledný	průhledný	průhledný

Obr. 9 Záznam znečištění a degradace olejové náplně

Součástí protokolu z vyhodnocení měření je také trend vývoje měřených hodnot. Podle vývoje stavu jednotlivých objektů je vydáno doporučení dalšího provozu nebo odstavení zařízení.



Obr. 10 Grafické vyjádření vývoje degradace a znečištění olejové náplně

Periodické mazání

Kluzná ložiska kompresorů jsou průběžně mazána olejem pomocí vlastního mazacího systému. Periodické mazání se týká zejména valivých ložisek asynchronních motorů menších kompresorů a vodních čerpadel. Periodické mazání se provádí na základě mazacích plánů pracovníky externí firmy, která také zajišťuje periodické měření vibrací a tribodiagnostiku. Celkový přehled aplikované technické diagnostiky a mazání je zpracován v tabulce č. 2.

Tab. 2 Přehled technické diagnostiky a systémů mazání jednotlivých zařízení

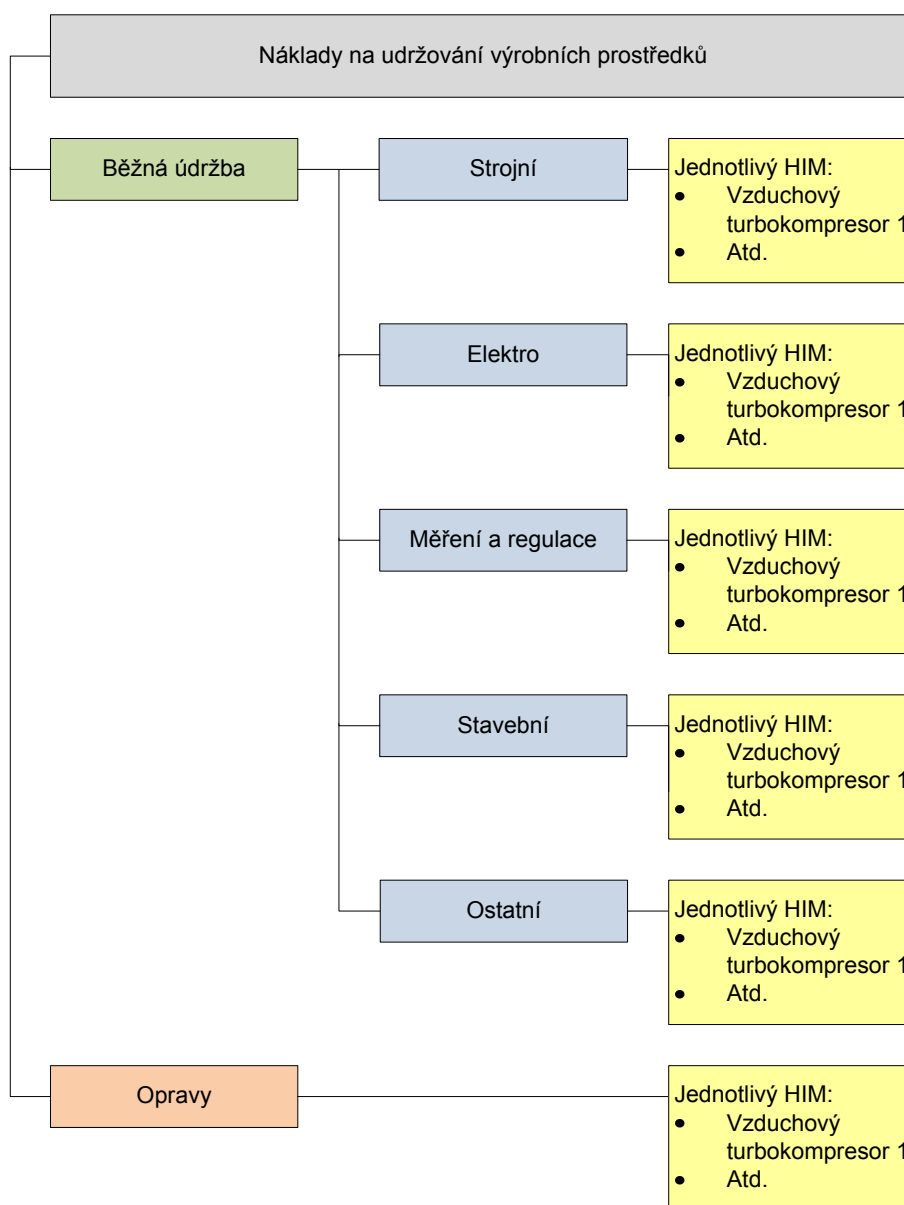
Zařízení	Průběžné měření vibrací	Periodické měření vibrací	Tribo - diagnostika	Vlastní mazací systém	Periodické mazání
Vzduchový turbokompresor 1	-	✓	✓	✓	✓
Vzduchový turbokompresor 2	-	✓	✓	✓	-
Vzduchový turbokompresor 3	-	✓	✓	✓	-
Turbokompresor 6	✓	✓	✓	✓	✓
Šroubový kompresor 1	-	✓	✓	✓	✓
Šroubový kompresor 2	-	✓	✓	✓	✓
EXT NKP 1	-	✓	✓	✓	✓
EXT NKP 2	-	✓	✓	✓	✓
EXT NKP 3	-	✓	✓	✓	✓
EXT NKP 4	-	✓	✓	✓	✓
Argonový pístový kompresor 5	-	-	✓	-	✓
Argonový pístový kompresor 6	-	-	✓	-	✓
LOS (kompresor, EXT)	✓	✓	✓	✓	-
Kyslíkový turbokompresor 1	✓	✓	✓	✓	-
Kyslíkový turbokompresor 2	✓	✓	✓	✓	-
Kyslíkový turbokompresor 3	-	✓	✓	✓	-
Kyslíkový pístový kompresor 1	-	✓	✓	✓	-
Kyslíkový pístový kompresor 2	-	✓	✓	✓	-
Turbokompresor 4	✓	✓	✓	✓	✓
Turbokompresor 5	✓	✓	✓	✓	
Dusíkový pístový kompresor 3	-	✓	✓	✓	✓
Dusíkový pístový kompresor 4	-	✓	✓	✓	✓
Vodní vertikální čerpadlo AM	-	✓	-	-	✓
Vodní vertikální čerpadlo BM	-	✓	-	-	✓
Vodní vertikální čerpadlo CM	-	✓	-	-	✓
Vodní vertikální čerpadlo DM	-	✓	-	-	✓
Vodní vertikální čerpadlo EM	-	✓	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 1	✓	-	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 2	✓	-	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 3	✓	-	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 4	✓	-	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 5	✓	-	-	-	✓
Ventilátor chladicí věže 6	✓	-	-	-	✓

5.10 Ekonomika, hodnocení a evidence údržby

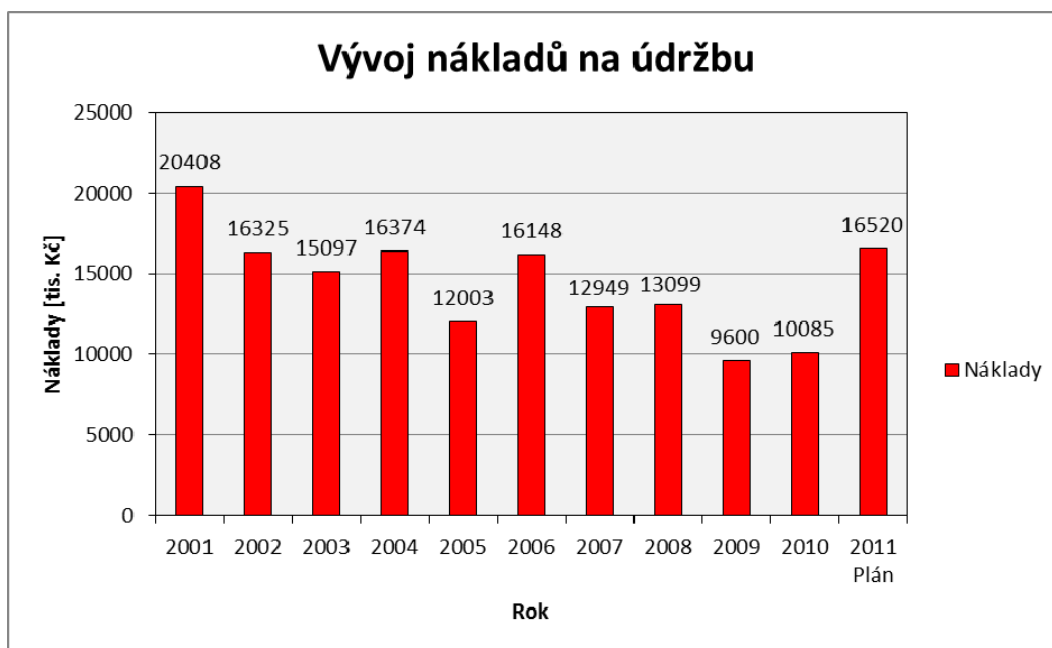
Technický stav zařízení je do značné míry dán kvalitou, s jakou o něj pečujeme. Tato péče je hodnocena podle velikosti nákladů spojených s udržováním výrobních prostředků. Úroveň poruchovosti zařízení nám určuje rentabilitu, s jakou jsou tyto prostředky vynakládány.

5.10.1 Ekonomické ukazatele

Náklady vynakládané na udržování výrobních prostředků pro potřeby operativního řízení údržby průběžně sleduje a vyhodnocuje vedoucí kyslíkárny. Skutečné čerpání finančních prostředků je porovnáváno s plánem. Podle vývoje je čerpání prostředků korigováno. Struktura sledování nákladů na údržbu je na obr. 11.



Obr. 11 Struktura sledování nákladů na údržbu



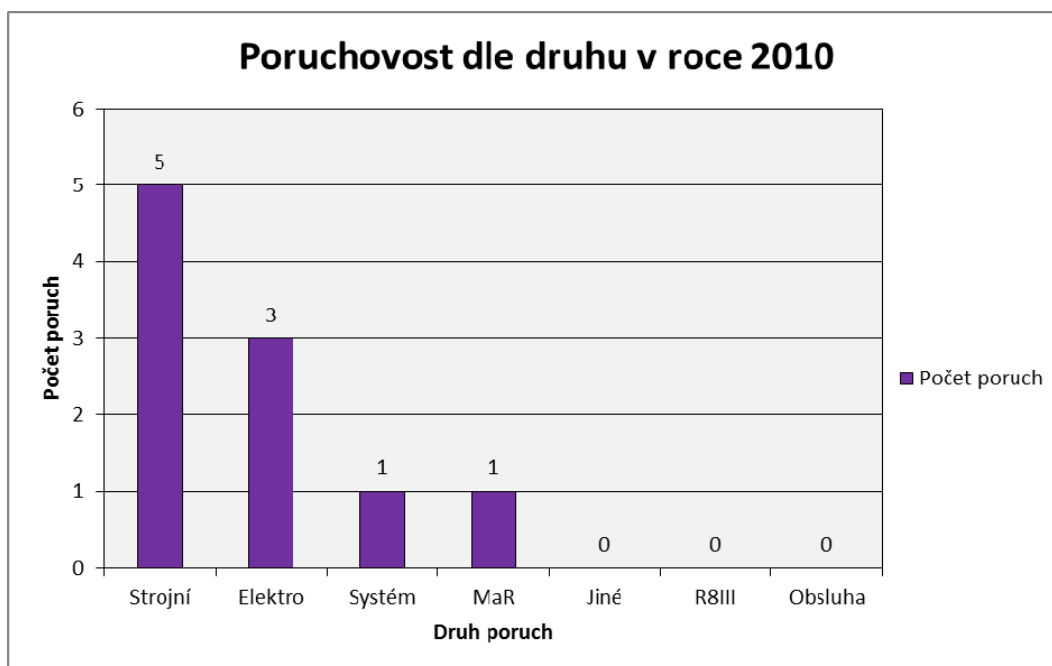
Graf 1 Vývoj nákladů na údržbu

5.10.2 Poruchovost zařízení

Úroveň a vývoj poruchovosti zařízení jsou sledovány z několika hledisek. Do statistiky jsou začleněny pouze poruchy, jejichž následkem dochází k přerušení provozu daného zařízení.

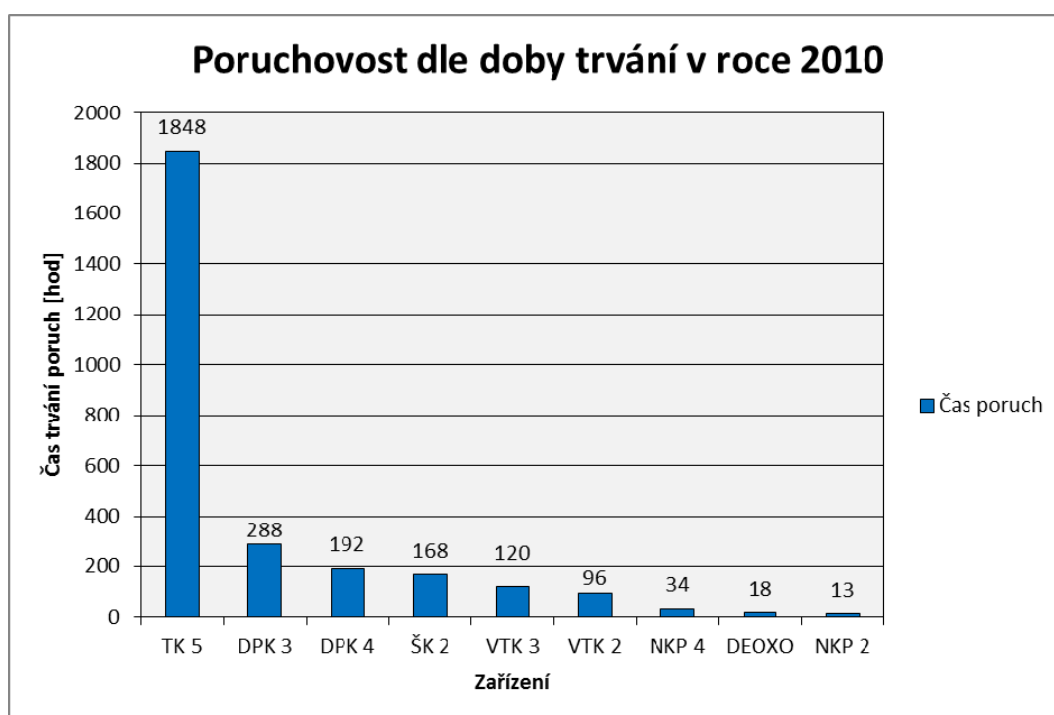
Základní rozdělení je podle druhu příčiny poruchy. Toto dělení odpovídá jednotlivým úsekům údržby a je rozšířeno o skupiny jiných poruch, poruch způsobených obsluhou a poruch, jejichž příčinou jsou problémy dodavatele elektrické energie (rozvodna R8III). Poruchy se rozdělují podle druhu na:

- Strojní
- Elektro
- Systém
- M a R
- Jiné
- Rozvodna R8III
- Obsluha



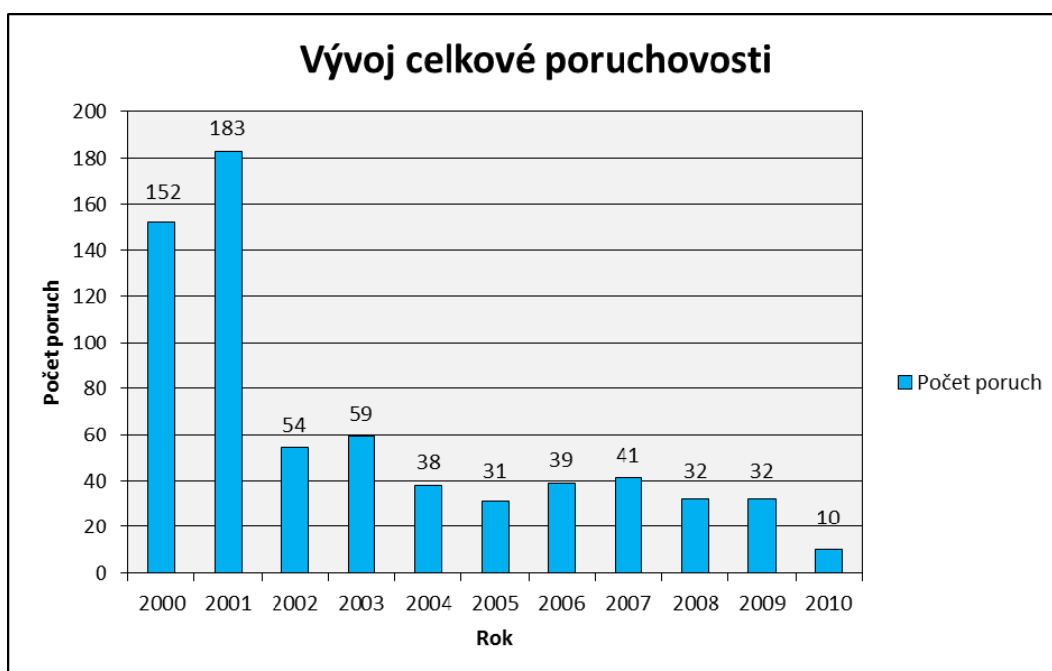
Graf 2 Poruchovost dle druhu v roce 2010

Dalším hlediskem při sledování poruchovosti zařízení je rozdělení poruch podle zařízení a doby trvání.



Graf 3 Poruchovost v roce 2010 dle doby trvání poruch


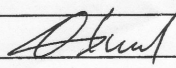
Důležitou zpětnou vazbou řízení údržby je vývoj celkové poruchovosti zařízení. Nízká hodnota v roce 2010 je způsobena omezením provozu zařízení z důvodu stání hlavního odběratele technických plynů.



Graf 4 Vývoj celkové poruchovosti

5.10.3 Vykazování činnosti pracovníků údržby

Pracovníci jednotlivých složek údržby zapisují informace o provedených pracích do deníků údržby. V denících jsou zaznamenány vykonané plánované údržby i ostatní provedené opravy. Záznam obsahuje popis provedené práce a údaj o časové náročnosti. Na konci měsíce jsou tyto záznamy předkládány ke schválení technologovi, případně vedoucímu kyslíkárny. Záznam z deníku údržby M a R je na obr. 12. Dále je v MS Excel podle jednotlivých složek údržby vedena evidence spotřebovaných hodin údržby a použitého materiálu rozdělená na jednotlivé zařízení (HIM). Evidence slouží k rozpočtování nákladů na jednotlivé složky a účty HIM. Evidence strojní údržby v měsíci únoru 2011 je přílohou č. 2.

 VÍTKOVICE MECHANIKA s.r.o.					DENNÍ ZÁZNAM ze dne:		List číslo:	
					Stavební deník číslo		B	
110 Vyjádření Součást deníku	1	Zaměstnanci	vlastní	poddodavatelů	ostatní	Předmět plnění		
		přítomni						
		pracovní doba				Zakázkové číslo		
		Počasí:				Objednatel		
		Teplota:	max:	min:				
POPIS PROVÁDĚNÝCH PRACÍ (včetně požadavků na objednatele, použité mechanismy apod.) a vyjádření objednatele:								
15.3.2011 I. směna / OPLUŠTIL 715h								
1) Vycištění regulačních stanic a filtrů u VTK1 a VTK2 3h								
2) Kontrola servopohonu sací hlavy u VTK3 1h								
3) Práce při odstavení a napájení ap 4 1,5h								
4) Vycištění filtrů ventilátorů ap 4 1h								
5) Odstranění drobných zvrad 1h								
								

Obr. 12 Záznam v deníku údržby M a R

6 Posouzení současného stavu

V průběhu posledních let se mění přístup k péči o výrobní zařízení kyslíkárny. Bylo upuštěno od systému oprav zařízení podle pevného časového cyklu bez ohledu na jeho objektivní technický stav. V současné době se využívá prostředků technické diagnostiky ke sledování aktuálního stavu zařízení a jeho provozních podmínek. Výsledky jsou pak využívány pro plánování oprav zařízení.

Analýza současného stavu také odhalila v systému řízení údržby několik nedostatků.

Činnost pracovníků údržby

Nejvíce využívaným systémem údržby na kyslíkárně je systém zásahů v případě vzniklé poruchy. Dále pracovníci údržby zabezpečují předem naplánované opravy a preventivní údržbu. Vykazování činnosti pracovníků údržby není zcela objektivní. Vzhledem k tomu, že nejsou vypracovány harmonogramy a standardy alespoň pro preventivní údržbu, není možná účinná kontrola.

Autonomní údržba

Zapojení operátorů do péče o stroje, které obsluhují, spočívá v jejich čištění, doplňování olejové náplně, odběru vzorků olejů pro tribodiagnostiku, čištění vodních filtrů chlazení atd. Tyto činnosti jsou prováděny na základě zvyklostí a zkušeností jednotlivých pracovníků, není zpracován žádný harmonogram. Čištění strojů je prováděno nesystematicky. Absence standardů ztěžuje schopnost objevit abnormality na zařízení a zamezit jejich vzniku, rozvoji a šíření. Nejsou prováděny, nebo jen z části, záznamy o provedeném čištění. Nesprávný odběr vzorku může mít za následek zkreslení výsledku rozboru oleje a zbytečné náklady na filtraci nebo výměnu olejové náplně. Zanesené filtry chlazení způsobí odstavení stroje na vysokou teplotu.

Kontrolní činnost obsluhy

Kontrolní obchůzky slouží k zjišťování abnormalit a sběru provozních dat, která nejsou dálkově přenášena do řídicích systémů zařízení. Trasy obchůzkové činnosti a kontroly nejsou standardizovány, obsluha vykonává obchůzky podle zavedených zvyklostí. Výstupní informace jsou ovlivněny úrovní znalostí a zkušeností obsluhy, která tyto kontroly provádí. Méně zkušení pracovníci mohou mít problém s odhalením nebo správným vyhodnocením abnormality. Kontrolní činnost obsluhy je i přes svou nedokonalost důležitým zdrojem informací o skutečném stavu zařízení.

Evidence a životopisy strojů

Evidence zařízení je vedena v systému účetnictví. Technická dokumentace v tištěné podobě je uložena v archivu. Evidence o poruchách a provedených opravách na zařízení vyplývá z různých dokumentů. Informace o poruchách jsou zapisovány do knihy závad, o provedených opravách a zásazích pracovníků údržby jsou vedeny záznamy v denících. Pracovníci zodpovědní za řízení údržby si vedou své písemné záznamy. Vzhledem k tomu, že informace o strojích a zařízení jsou uloženy na různých místech, jejich dohledávání je náročné.

Hodnocení ukazatelů údržby

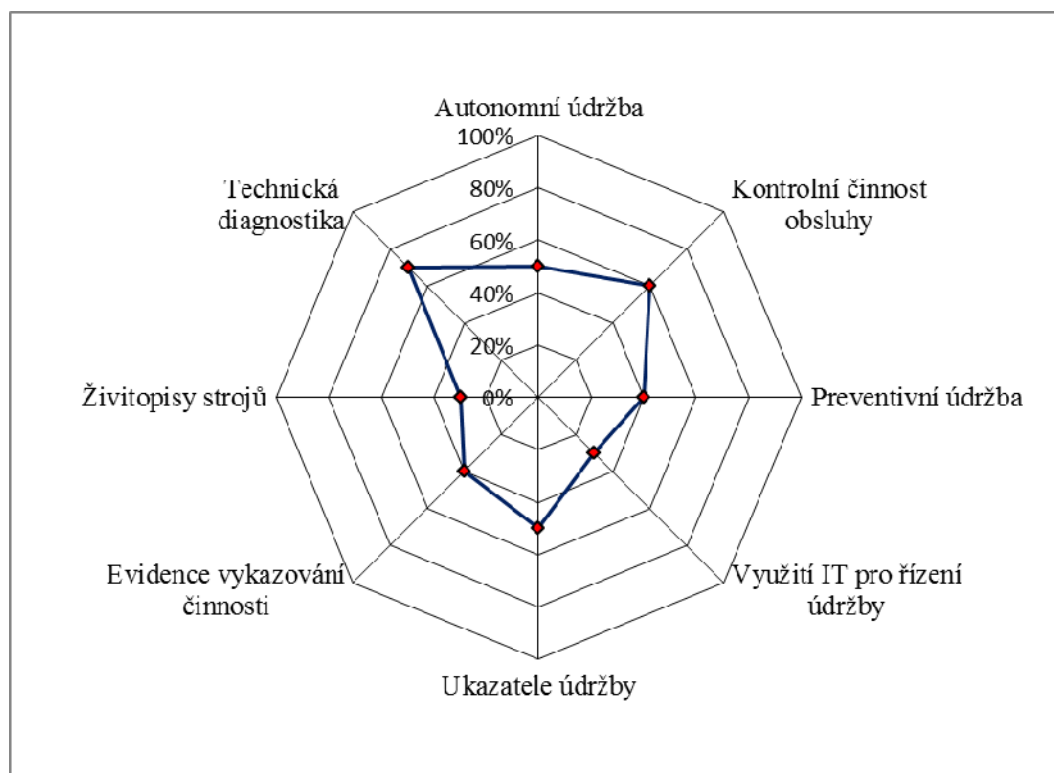
Údaje o poruchovosti jsou čerpány z písemných záznamů v knize závad a provozních deníků jednotlivých zařízení, jejich zpracování a analýza je tak pracná. Výsledky analýz závisejí na kvalitě a úplnosti záznamů. Do statistiky jsou zahrnovány pouze poruchy, jejichž následkem je odstavení zařízení. Ostatní poruchy, jejichž odstraňování také čerpá náklady rozpočtu, nejsou sledovány. Stávající systém vyhodnocování záznamů umožňuje využití k plánování nebo predikci poruch jen částečně.

Rozpočtování nákladů na běžnou údržbu probíhá na základě tabulek v MS Excel, které vyplňují pracovníci údržby. Tabulky jsou často vyplňovány zpětně, může tak docházet k nepřesnostem. Rozpočtování nákladů na preventivní údržbu a údržbu po poruše se neprovádí. Efektivita údržby pomocí ukazatele CEZ není hodnocena.

V tab. 3 je zpracován souhrn hodnocení současného stavu systému řízení údržby na kyslíkárně. Úroveň jednotlivých oblastí je hodnocena od 0 %, tj. minima, do 100 %, tj. maxima.

Tab. 3 Souhrn hodnocení současného stavu systému řízení údržby

Oblast	Hodnocení	Zdůvodnění
Autonomní údržba	50 %	Nesystematicky prováděné čištění, absence standardů.
Kontrolní činnost obsluhy	60 %	Hodnocení stavu zařízení závislé na zkušenostech, absence standardů.
Preventivní údržba	40 %	Standard preventivní údržby částečně u nových strojů.
Využití IT pro řízení údržby	30%	Využíván pouze MS Office
Ukazatele údržby	50 %	Statistika poruch tvořena jen poruchami s odstavením zařízení, efektivita údržby pomocí ukazatele CEZ není hodnocena.
Evidence vykazování činnosti	40 %	Nedůsledná evidence činnosti údržby.
Životopisy strojů	30 %	Informace v papírové podobě, složité dohledávání.
Technická diagnostika	70 %	Využití TD k plánování oprav.



Graf 5 Grafické vyjádření hodnocení současného stavu

7 Specifikace problémů a návrhy na zdokonalení systému řízení údržby

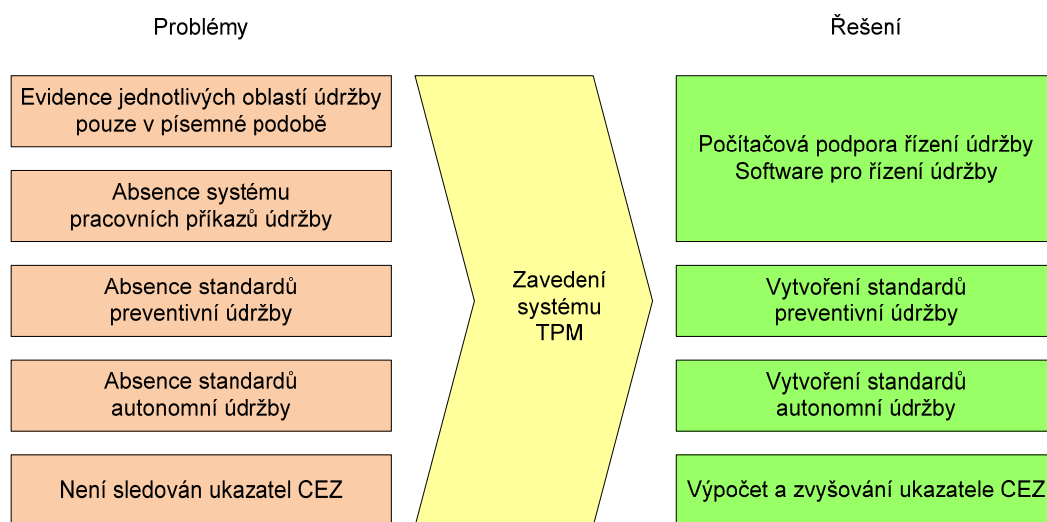
Provedená analýza systému řízení údržby v LINDE VÍTKOVICE a.s. v provozu Kyslíkárna odhalila několik problematických oblastí, které poskytují prostor pro racionalizaci.

Specifikace problémů

- Evidence a záznamy o historii údržby výrobních zařízení nejsou vedeny v elektronické podobě. Tento systém ztěžuje využití informací pro následné analýzy, plánování a hodnocení údržby. Záznamy v evidenčních listech oprav – závad neobsahují údaje o kategorii závady, a zda je stroj v provozu nebo musel být z důvodu závady odstaven. Činnost pracovníků údržby je písemně zaznamenávána do deníků, ale v důsledku vysokého vytížení kompetentních osob není detailně vyhodnocována. Není vytvořen systém pracovních příkazů údržby, pracovníci údržby automaticky odstraňují závady na základě záznamů z evidence oprav – závad. Řídící pracovníci údržby tak nemusejí být vždy informováni o závadách před jejich odstraněním a nemohou tak závady zhodnotit a určit priority odstranění.
- Nejsou vytvořeny standardy preventivní údržby jednotlivých zařízení.
- V oblasti autonomní údržby nejsou vytvořeny standardy kontrolní činnosti, čištění a mazání. Kontrolní činnost obsluhy je vykonávána na základě zvyklostí a zkušeností. To umožňuje výskyt rozdílných vyhodnocení situací v závislosti na schopnostech daného pracovníka a možnost nesprávných rozhodnutí. Pracovníci jsou schopni za normálních okolností plnit své úkoly, problémy jsou v reakci na nepředvídané události. V těchto situacích se projevuje absence systémového přístupu. Obsluha má rozděleny stroje, které má udržovat v čistotě, ale čištění je vykonáváno nepravidelně a s různou úrovní kvality. Odhalení případných abnormalit je ztíženo, protože obsluha neví, na co se má při čištění zaměřit. Obsluha provádí doplňování olejové náplně strojů, ale spotřeba oleje jednotlivých strojů není evidována. Sledují se pouze celkové objemy jednotlivých typů olejů na skladě.
- Na žádném zařízení není sledován ukazatel celkové efektivity zařízení CEZ.

Návrhy řešení

Na základě provedených analýz jsem identifikoval největší problémy systému údržby, které jsou naznačeny v předchozí podkapitole. Řešení problémů vidím v zavedení systému totálně produktivní údržby.



Obr. 13 Problémy systému údržby a možné řešení

8 Návrh a metodika systému a péče o investiční majetek se zaměřením na TPM

Návrh zavedení totálně produktivní údržby v provozu Kyslíkárna společnosti LINDE VÍTKOVICE a.s. je zaměřen na využití moderních nástrojů k řízení údržby, zefektivnění činností obsluhy a pracovníků údržby. Cílem návrhu je zlepšit systém organizace a řízení péče o výrobní zařízení. Návrh obsahuje první kroky zavádění metody TPM v následujících oblastech:

- Využití softwarových nástrojů k řízení údržby
- Standardizace činností preventivní údržby na vybraném zařízení
- Standardizace činností autonomní údržby na vybraném zařízení
- Zavedení a zvyšování ukazatele CEZ na vybraném zařízení

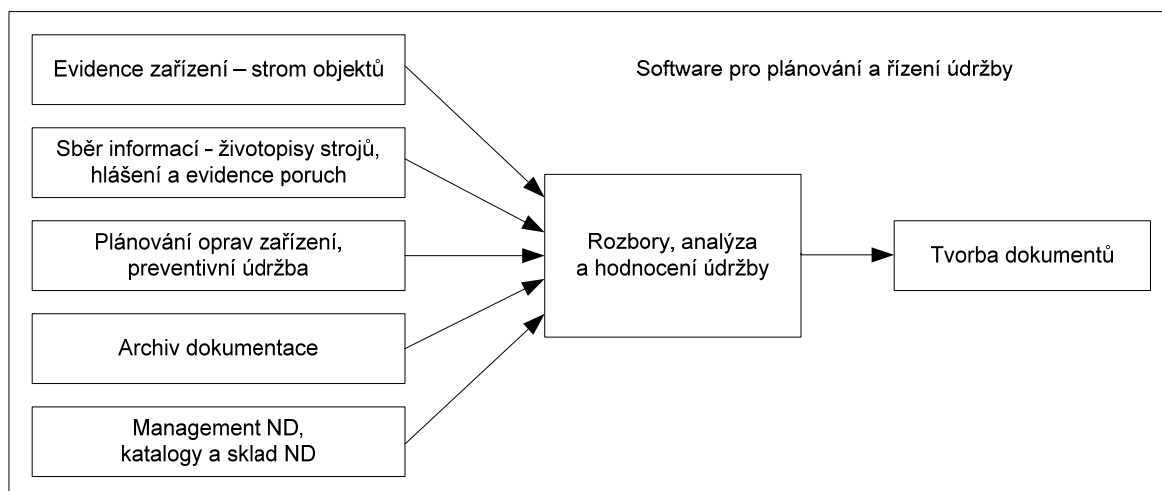
Uvedené nástroje by měly vést k zefektivnění procesů údržby a k odstranění problémů odhalených předchozí analýzou.

8.1 Informační systém pro řízení údržby

Základním principem počítačové podpory řízení systému údržby je evidence všech důležitých dat o udržovaných zařízeních a příslušných údržbách a využití těchto dat jako podkladů pro řízení údržby a analýzu systému. Efektivní systém údržby musí být rozpracován v předem daných plánech, musí zahrnovat diagnostickou a revizní činnost, evidenci, hlášení a informace o odstranění poruch a musí být také přehledně zdokumentován. Pro řízení údržby na kyslíkárně navrhuji využít software pro plánování a řízení podnikové údržby, který poskytuje [8]:

- Uspořádání veškerých informací o údržbě do přehledné databáze
- Komfortní kalendářní plánování preventivní údržby
- Tisk pracovních příkazů
- Kompletní přehled o provedených údržbách, opravách a nákladech na ně
- Tisky pro ISO audit, statistiky vytížení kapacit a další tisky pro zlepšování řízení a plánování údržby

8.1.1 Charakteristika navrhovaného informačního systému



Obr. 14 Členění softwaru pro řízení údržby

Evidence zařízení

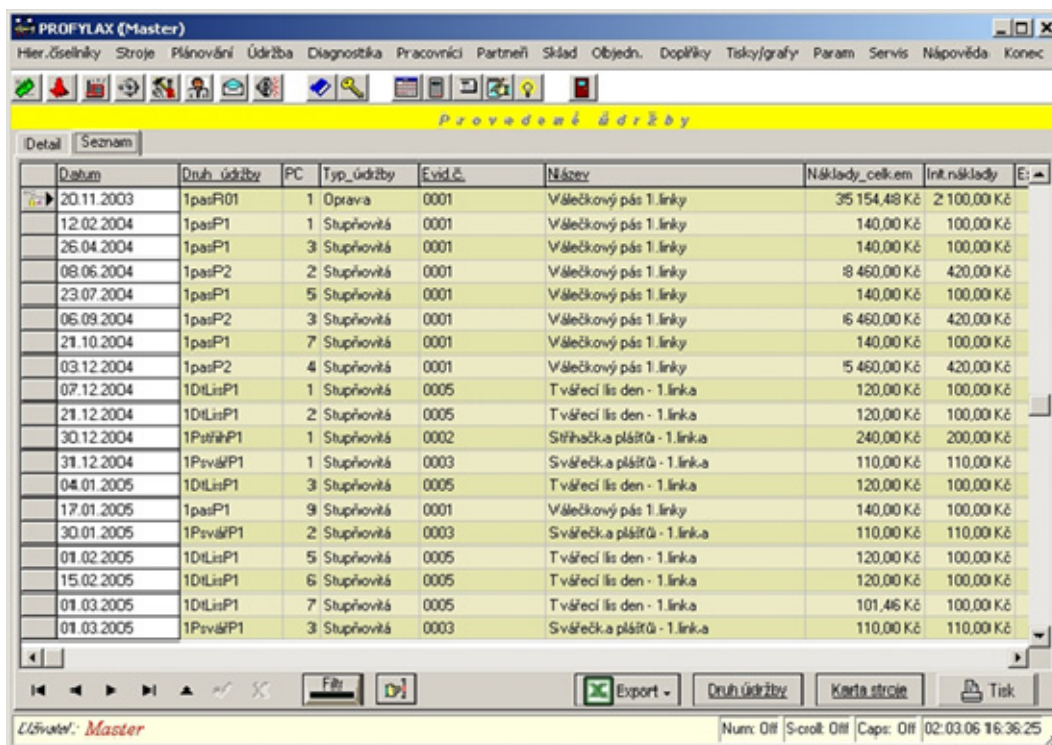
Základem informačního systému údržby je vhodně členěná struktura objektů, tzv. strom objektů. Stroj je základem databáze údržby. Každý stroj má vlastní kartu, kde jsou uloženy jeho základní informace. Celá karta stroje je přehledně koncipována pomocí záložek, kde každá záložka obsahuje jisté ucelené informace o stroji. Na kartě se definují jednotlivé druhy údržby stroje: stupňovitě a nestupňovitě, a to kalendářní, a také údržba dle diagnostik. Z karty se přistupuje k plánu i k historii údržeb a oprav.

The screenshot displays the 'PROFYLAX (Master)' software interface. The main window shows the 'Karta stroje' (Machine Card) for 'Válečkový pás 1.linky'. The interface includes a menu bar at the top with options like 'Hier.číselníky', 'Stroje', 'Plánování', 'Údržba', 'Diagnostika', etc. Below the menu, there's a toolbar with various icons. The main content area is divided into several sections: 'Detail' (showing machine specifications like 'Výrobní číslo', 'Datum instalace', 'Datum výroby'), 'Údržba' (maintenance schedule with columns for 'Druh', 'Interval', 'Poslední', and 'T.pole před'), and 'Náklady' (cost breakdown). A 'Diagnostika' section is also visible on the right. The bottom status bar shows the user 'Master' and system time '01.03.06 09:53:03'.

Obr. 15 Karta stroje [8]

Sběr informací

Pro operativní plánování a hodnocení aktuálního stavu zařízení je evidence technického stavu nezbytnou součástí systému TPM. Karta provedené údržby poskytuje kompletní přehled všech provedených údržeb a oprav včetně nákladů na ně. Zde se můžeme přesvědčit, jak byly u stroje dodržovány intervaly preventivních údržeb, jaké byly u stroje opravovány poruchy, pro kontrolu můžeme např. okamžitě zjistit, kdo prováděl předchozí údržbu apod.

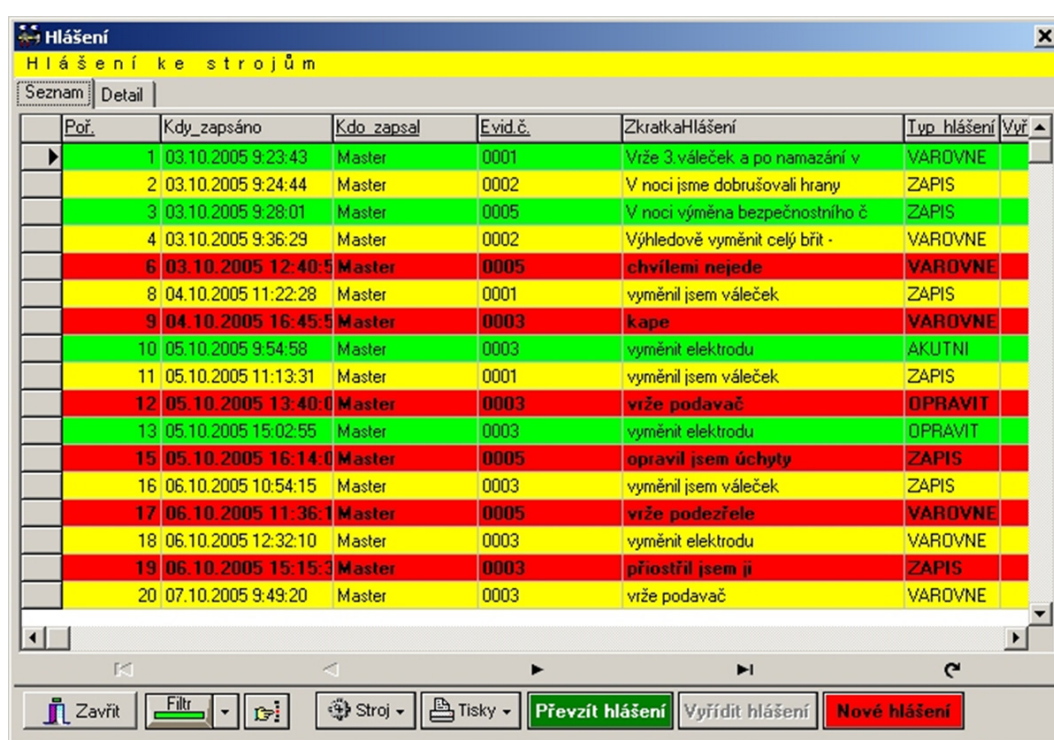


Datum	Druh údržby	PC	Typ údržby	Evid.č.	Název	Náklady celkem	Init.náklady
20.11.2003	1pasR01	1	Oprava	0001	Válečkový pás 1. linky	35 154,48 Kč	2 100,00 Kč
12.02.2004	1pasP1	1	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	140,00 Kč	100,00 Kč
26.04.2004	1pasP1	3	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	140,00 Kč	100,00 Kč
08.06.2004	1pasP2	2	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	8 460,00 Kč	420,00 Kč
23.07.2004	1pasP1	5	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	140,00 Kč	100,00 Kč
06.09.2004	1pasP2	3	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	6 460,00 Kč	420,00 Kč
21.10.2004	1pasP1	7	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	140,00 Kč	100,00 Kč
03.12.2004	1pasP2	4	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	5 460,00 Kč	420,00 Kč
07.12.2004	1DtLitP1	1	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	120,00 Kč	100,00 Kč
21.12.2004	1DtLitP1	2	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	120,00 Kč	100,00 Kč
30.12.2004	1PstřihP1	1	Stupňovitá	0002	Střiháčka pláště - 1. linka	240,00 Kč	200,00 Kč
31.12.2004	1PsváP1	1	Stupňovitá	0003	Svářečka pláště - 1. linka	110,00 Kč	110,00 Kč
04.01.2005	1DtLitP1	3	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	120,00 Kč	100,00 Kč
17.01.2005	1pasP1	9	Stupňovitá	0001	Válečkový pás 1. linky	140,00 Kč	100,00 Kč
30.01.2005	1PsváP1	2	Stupňovitá	0003	Svářečka pláště - 1. linka	110,00 Kč	110,00 Kč
01.02.2005	1DtLitP1	5	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	120,00 Kč	100,00 Kč
15.02.2005	1DtLitP1	6	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	120,00 Kč	100,00 Kč
01.03.2005	1DtLitP1	7	Stupňovitá	0005	Tvářecí lis den - 1. linka	101,46 Kč	100,00 Kč
01.03.2005	1PsváP1	3	Stupňovitá	0003	Svářečka pláště - 1. linka	110,00 Kč	110,00 Kč

Obr. 16 Karta provedené údržby [8]

Hlášení a evidence poruch

Hlášení poruch prostřednictvím softwaru pro řízení údržby eliminuje nedostatky původního systému naznačené v kapitole 7. Záložka Hlášení slouží k evidenci všech hlášení k danému stroji. Obsluha strojů zde zapisuje požadavky na údržbu zařízení. V tabulce je zobrazeno datum a čas zápisu hlášení, jméno a příjmení odpovědné osoby pro zápis do programu, evidenční číslo stroje, stručný popis hlášení a typy hlášení podle priority vyřízení. Do této záložky je možnost hlášení zapsat, vyřídit, odsunout nebo převzít. Vedoucí údržby tak má o požadavcích údržby okamžitý přehled a může je podle seznamu postupně vyřizovat.

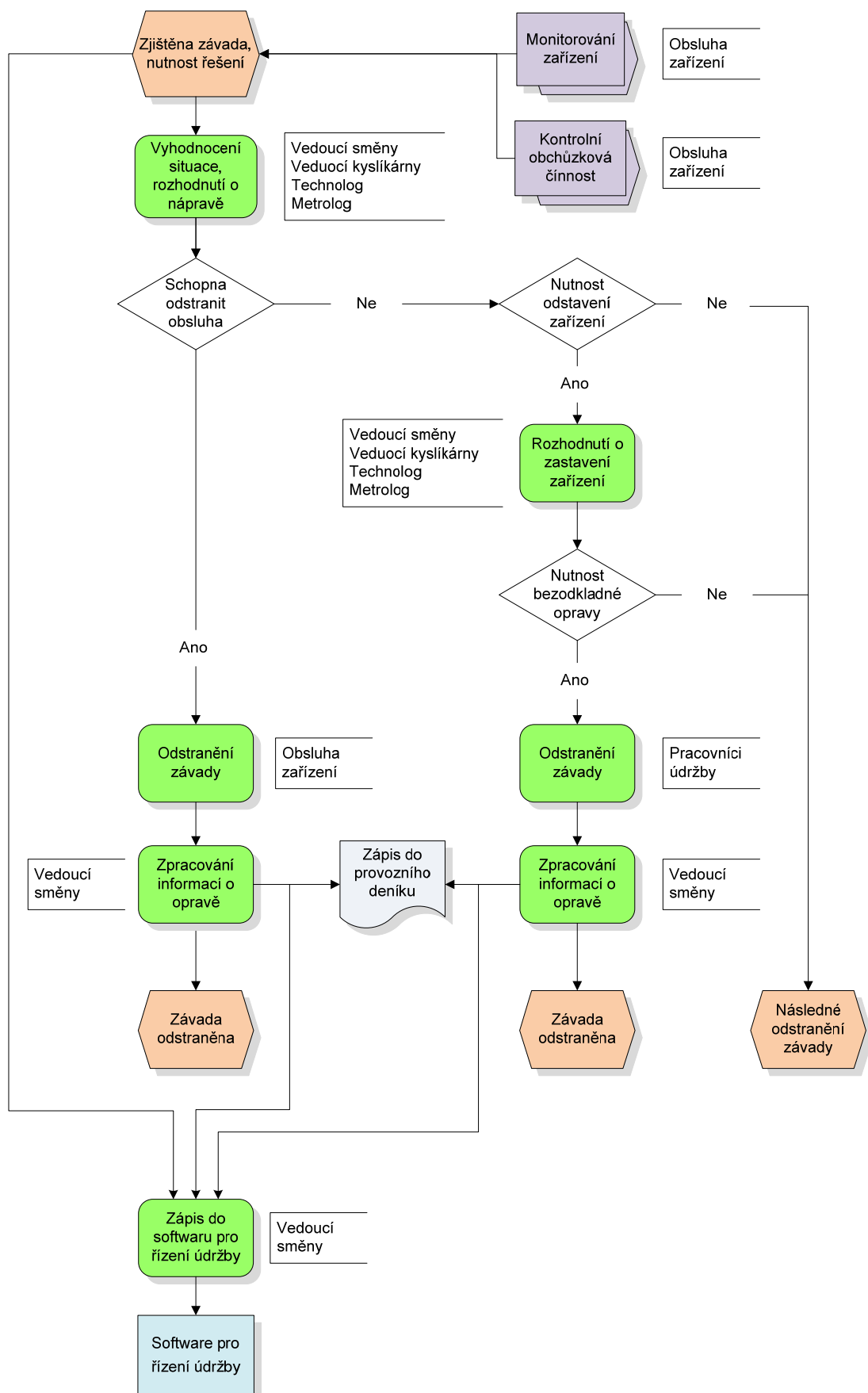


Poř.	Kdy_zapsáno	Kdo_zapsal	Evid.č.	ZkratkaHlášení	Typ hlášení	Vyř.
1	03.10.2005 9:23:43	Master	0001	Vrže 3 váleček a po namazání v	VAROVNE	
2	03.10.2005 9:24:44	Master	0002	V noci jsme dobrušovali hrany	ZAPIS	
3	03.10.2005 9:28:01	Master	0005	V noci výměna bezpečnostního č	ZAPIS	
4	03.10.2005 9:36:29	Master	0002	Výhledově vyměnit celý břit	VAROVNE	
6	03.10.2005 12:40:5	Master	0005	chvillemi nejede	VAROVNE	
8	04.10.2005 11:22:28	Master	0001	vyměnil jsem váleček	ZAPIS	
9	04.10.2005 16:45:5	Master	0003	kape	VAROVNE	
10	05.10.2005 9:54:58	Master	0003	vyměnit elektrodu	AKUTNI	
11	05.10.2005 11:13:31	Master	0001	vyměnil jsem váleček	ZAPIS	
12	05.10.2005 13:40:0	Master	0003	vrže podavač	OPRAVIT	
13	05.10.2005 15:02:55	Master	0003	vyměnit elektrodu	OPRAVIT	
15	05.10.2005 16:14:0	Master	0005	opravil jsem úchyty	ZAPIS	
16	06.10.2005 10:54:15	Master	0003	vyměnil jsem váleček	ZAPIS	
17	06.10.2005 11:36:1	Master	0005	vrže podezřeje	VAROVNE	
18	06.10.2005 12:32:10	Master	0003	vyměnit elektrodu	VAROVNE	
19	06.10.2005 15:15:3	Master	0003	přístřil jsem ji	ZAPIS	
20	07.10.2005 9:49:20	Master	0003	vrže podavač	VAROVNE	

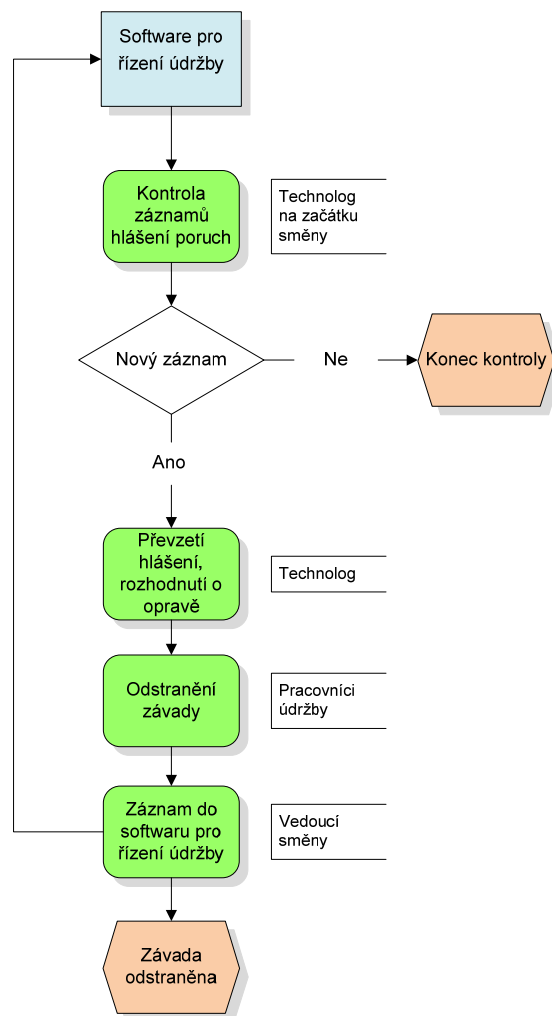
Obr. 17 Hlášení požadavků na údržbu [8]

Postup při odstraňování abnormalit

Na obr. 18 a 19 je znázorněn postup řešení vzniklých abnormalit s využitím softwaru pro řízení údržby. Každá zjištěná abnormalita, která vyžaduje řešení, je zapsána vedoucím směny do karty hlášení v softwaru pro řízení údržby. Pokud se jedná o závadu menšího rozsahu, kterou odstraní obsluha, vedoucí směny také převezme hlášení a po odstranění poruchy provede zápis do softwaru pro řízení údržby. V případě závady vyžadující opravu pracovníky údržby převezme hlášení technolog a rozhodne o způsobu opravy. Odstranění závady pracovník údržby oznámí vedoucímu směny, který provede zápis do softwaru pro řízení údržby. Tento postup zajišťuje zaevidování veškerých závad a využití pro další zpracování.



Obr. 18 Řešení vzniklých situací s využitím softwaru pro řízení údržby



Obr. 19 Řešení vzniklých situací s využitím softwaru pro řízení údržby - pokračování

Plánování

Podle údajů v kartách strojů je sestavován plán údržeb a z něj i plán odstávek na zvolené období. Zobrazí ho jako kalendář nebo podrobně jako tabulku. Pro plánování je podstatná perioda údržby, tolerance periody a naposledy provedená údržba. Plánované akce lze ručně přesouvat na jiná data a přesun zůstane při přeplánování zachován. Plán lze tisknout v různých formách a ke každé akci lze tisknout pracovní příkaz. Software při startu upozorňuje na aktuální údržby a na jejich včasnou přípravu. Na obr. 20 je znázorněn plán údržeb.

Plán údržeb / odstávek								
Plán údržeb Kalendář Plán odstávek								
Evid.č.	Název	Druh údržby	Bod odstávky	Dní_do	Plán datum	Změn datum	Den	JeFixObsah
DP3	Plínkovka	PlinkP1		-1	01.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
N0002	Nástroj-forma na lis pro dna pr	Forma1G2		1	03.03.2006		pá	<input type="checkbox"/>
0002	Stříhačka pláště - 1.linka	1PstřihP1	1P-pláště	3	05.03.2006		ne	<input type="checkbox"/>
0003	Svářečka pláště - 1.linka	1PsvářP1	1P-pláště	4	06.03.2006		po	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		6	08.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
0005	Tvářecí lis den - 1.linka	1DtLisP2	1D-dna	9	11.03.2006		so	<input type="checkbox"/>
0001	Válečkový pás 1.linky	1pasE01	1-1.linka	13	15.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		13	15.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		20	22.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
0005	Tvářecí lis den - 1.linka	1DtLisP1	1D-dna	23	25.03.2006		so	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		27	29.03.2006		st	<input type="checkbox"/>
0001	Válečkový pás 1.linky	1pasE01	1-1.linka	28	30.03.2006		čt	<input type="checkbox"/>
0003	Svářečka pláště - 1.linka	1PsvářP2	1P-pláště	34	05.04.2006		st	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		34	05.04.2006		st	<input type="checkbox"/>
0001	Válečkový pás 1.linky	1pasP1	1-1.linka	37	08.04.2006		so	<input type="checkbox"/>
0005	Tvářecí lis den - 1.linka	1DtLisP1	1D-dna	37	08.04.2006		so	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		41	12.04.2006		st	<input type="checkbox"/>
0001	Válečkový pás 1.linky	1pasE01	1-1.linka	43	14.04.2006		pá	<input type="checkbox"/>
DP3	Plínkovka	PlinkP1		48	19.04.2006		st	<input type="checkbox"/>
0005	Tvářecí lis den - 1.linka	1DtLisP1	1D-dna	51	22.04.2006		so	<input type="checkbox"/>

Obr. 20 Plán údržeb [8]

Archiv dokumentace

K jednotlivým strojům lze navázat potřebné dokumenty (např. výkresy technické dokumentace, návody, servisní dokumenty, faktury apod.). Takto navázané soubory nejsou uloženy přímo v databázi strojů, ale je zde uveden pouze odkaz na navázaný dokument. Jednotlivé dokumenty (Word, Excel atd.) lze otevřít a upravovat přímo z programu.

Management ND

Náhradní díly a jiný materiál pro údržbu jsou přiřazovány k druhům údržby. Při plánování se kontroluje stav, při zápisu údržeb se potvrzuje spotřeba. Pro vedení skladu údržby je potřeba software doplnit o samostatně licencovaný modul SKLAD, který umožňuje standardní skladovou práci: evidenci více místních skladů, vystavování příjemek, výdejek a převodek. Při zápisu provedené údržby se pak automaticky vytvoří výdejka spotřebovaného materiálu přiřazeného k údržbě.

Čísleník materiálu

Karta Seznam Katalog

Kód **149419** Název Trn hrubovací - 111-350

Jednotka KS Druh mat. Obj.doba Skupina 707

Příjem Množství 2 Kč 50 000,00 Kč Objed. Gen.umístění

Výdej Množství 1 Kč 25 000,00 Kč

Aktuální stav Množství 1 Skl.cena 25 000,00 Kč Min.limit Max.limit

Popis ☐ Neskladová položka ☐ JeDoSpotřeby

Stav na místních skladech

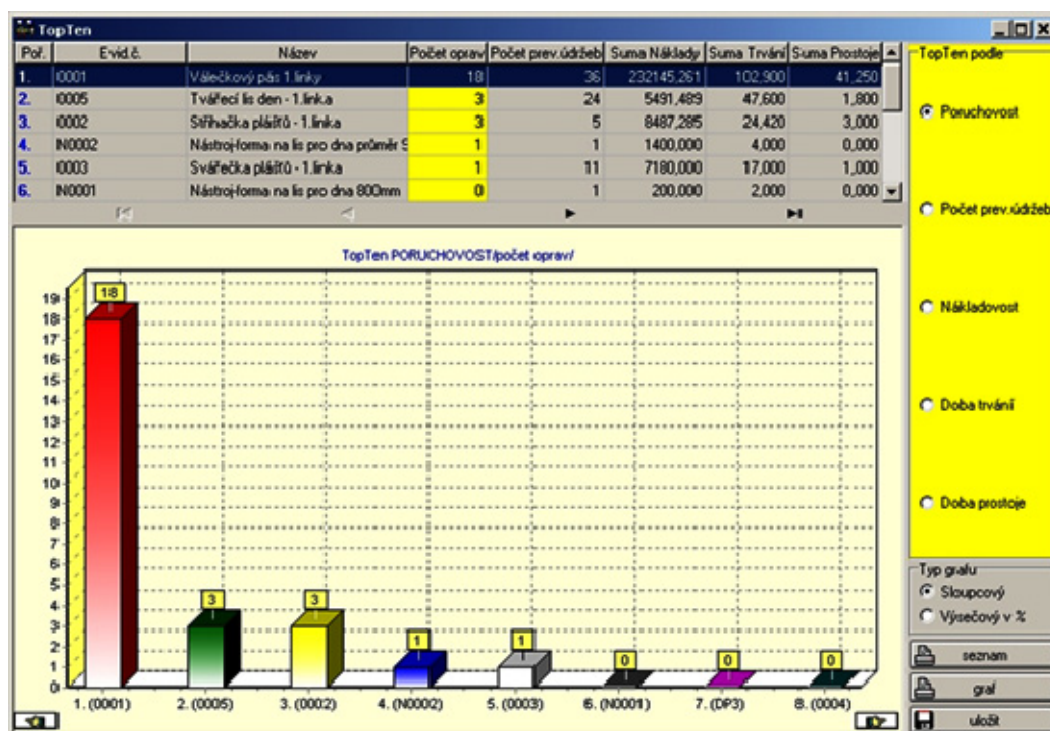
Sklad	Název	Umístění	Množství	Cena	Příjem	PříjemKč	Výdej
1	Hlavní sklad (zodp.Dvořák)		1	25 000,00 Kč	2	50 000,00 Kč	1

X Zpět Filtř export Kód 149419 SAP ABRA Tisky OK

Obr. 21 Skladová karta materiálu [8]

Tiskové sestavy a grafy

Software nabízí několik přehledně seřazených tisků. Jednotlivé tisky jsou před samotným tiskem zobrazeny nejprve v náhledovém okně. Je také možno filtrovat požadované tiskové výstupy dle časového rozmezí. V grafické podobě lze provádět rozbor poruchovosti, nákladovosti, doby prostojů atd.



Obr. 22 Graf poruchovosti [8]

8.2 Aplikace TPM na vybrané strojní zařízení – zkapalňovač kyslíku a dusíku

Změny v systému údržby by měly být zaváděny postupně podle významu a důležitosti jednotlivých zařízení. V úvodní fázi projektu je vhodné zvolit pilotní zařízení, na kterém bude zavedení TPM realizováno jako první. Toto zařízení musí mít takový charakter, aby bylo možno dostatečně prezentovat význam prvků TPM.

Pro projekt zavedení TPM jsem zvolil strojní celek zkapalňovače kyslíku a dusíku interně označovaný jako LOS. Toto strojní zařízení má vysoký vliv na dosažení celkové ekonomiky výroby a lze na něm v dostatečné míře prezentovat moderní pohled na systém řízení údržby. Aplikace metod TPM na zkapalňovači kyslíku a dusíku je zaměřena na oblasti:

- Autonomní údržby
 - Vypracování standardů pro čištění a mazání
- Kontrolní činnosti obsluhy
 - Vypracování standardů pro kontrolní obchůzkovou činnost
- Preventivní údržby
 - Vypracování standardů preventivní údržby
- Sledování a zvyšování CEZ
 - Návrh metodiky výpočtu

8.2.1 Konstrukce a popis zkapalňovače

Zařízení zkapalňovače se skládá ze čtyř samostatných celků vzájemně propojených potrubím:

- Kompresoru
- Expanzních turbín
- Cold boxu
- Zásobníků kyslíku a dusíku

Tab. 4 Technické parametry zkapalňovače

Max. příkon motoru [kW]	Max. zkapalňované množství O ₂ [Nm ³ /h]	Max. zkapalňované množství N ₂ [Nm ³ /h]	Max. zkapalňovací výkon O ₂ + N ₂ [Nm ³ /h]
3 200	3 200	2 500	5 000

Kompresor dusíku

Soustrojí kompresoru dusíku se skládá z podávacího kompresoru a recyklačního kompresoru, viz obr. 23. Podávací kompresor je dvoustupňový s mezichlazením za každým stupněm. Čistý dusík je nasáván z NKP 4 a vytlačován do sání recyklačního kompresoru, který je čtyřstupňový s mezichlazením za každým stupněm. Po průchodu hlavním výměníkem cold boxu je na sání recyklačního kompresoru rovněž přiveden tok dusíku z EXT. Dusík z výtlaku recyklačního kompresoru je veden na brzdící kompresory EXT, které ho dále stlačují. Tento vysokotlaký dusík vstupuje do hlavního výměníku cold boxu a po ochlazení na patřičnou teplotu je přiveden na EXT. Podávací i recyklační část kompresoru jsou přes společnou převodovku poháněny asynchronním elektromotorem.



Obr. 23 Soustrojí kompresoru dusíku

Expanzní turbíny

Expanzní turbíny slouží k opětovnému ochlazování dusíku ohřátého v soustavě výměníků na úkor ochlazení kyslíku. Zkapalňovač je vybaven teplou a studenou turbínou. Názvy jsou odvozeny od oblastí pracovních teplot turbín. Toky expandovaného dusíku jsou vedeny zpět do hlavního výměníku cold boxu.

Cold box

Cold box je soustava výměníků zaizolovaných v plechovém plášti, viz obr. 24. Skládá se z hlavního výměníku, kde probíhá výměna tepla mezi toky vystupujícího dusíku a vstupujícího kyslíku. V kyslíkovém výměníku probíhá zkapalnění kyslíku a v podchlazovacím výměníku dusíku je ochlazován dusík, který proudí do zásobníku.



Obr. 24 Cold box zkapalňovače

Zásobníky kyslíku a dusíku


Zkapalněné plyny jsou skladovány v kryogenních zásobnících o objemu $2 \times 800 \text{ m}^3$ kapalného plynu. Dusík je do zásobníku dopravován tlakem přímo z cold boxu, kyslík pomocí kryogenního čerpadla. Pro dopravu kapalných plynů slouží potrubí s vakuovou izolací.







Obr. 25 Zásobníky kyslíku a dusíku

8.2.2 Standardy autonomní a preventivní údržby

Standardní práce je předmětem neustálého zlepšování a snižuje nežádoucí rozdílnost v kvalitě a variabilitě činností. Pro pravidelnou údržbu zkapalňovače jsem vypracoval standardy, v nichž jsou popsány jednotlivé činnosti doplněné názorným obrázkem včetně upozornění na kritická místa. U položky je stanoveno, kdo činnost provádí, a termín provedení úkonu. Standardy umožní obsluze i údržbě porozumět jednotlivým částem stroje a budou nápomocny při odhalování abnormalit. Před zahájením provádění činností na základě těchto standardů je potřeba všechny pracovníky proškolit.



STANDARD PRO ČIŠTĚNÍ
Zařízení: LOS
Provoz: Kyslíkárna
LOS 001

Číslo	Lokalizace, místo	Standard, činnost	Vykonává	Způsob	Pomůcky	Stav stroje	Doba trvání	Frekvence
1	Okolí filtrů oleje EXT	Čištění od oleje	Obsluha	Manuálně	Papírové ubrousky, hadr, rukavice	V provozu	15 - 30 min.	Měsíčně
2	Olejšové čerpadlo a okolí EXT	Čištění od oleje	Obsluha	Manuálně	Papírové ubrousky, hadr, rukavice	V provozu	15 - 30 min.	Měsíčně
3	Převodovka kompresoru	Čištění od oleje a nečistot	Obsluha	Manuálně	Papírové ubrousky, hadr, rukavice	Stojí	30 - 40 min.	Při stání
4	Olej. hospodářství kompresoru	Čištění od oleje a nečistot	Obsluha	Manuálně	Papírové ubrousky, hadr, rukavice	Stojí	30 - 40 min.	Při stání

Datum:
Vypracoval: Bc. Martin Jung
Schválil:

Obr. 26 Standard pro čištění zkapalňovače

LINDE

VÍTKOVICE

STANDARD PRO KONTROLU Zařízení: LOS Provoz: Kyslíkárna LOS 003

1

2

3

4

Číslo	Lokalizace, místo	Způsob kontroly	Vykonává	Standard	Frekvence
1	Čerpadlo LOX do tanku	Vizuálně, sluchem	Obsluha	Nesmí unikat LOX z ucpávky, vydávat abnormální zvuky	2 x za směnu
2	Olejové čerpadlo EXT	Vizuálně, sluchem	Obsluha	Nesmí unikat olej, vydávat abnormální zvuky, přehřívat se	2 x za směnu
3	Ložiskové stojany motoru kompresoru	Vizuálně	Obsluha	Musí být vidět hladina protékajícího oleje v dolní části průhledítka	2 x za směnu
4	Odfuk ze zásobníku LOX a LIN	Vizuálně	Obsluha	Nesmí být velká vrstva námrazy	1 x týdně
5	Pojistné ventily zásobníků LOX a LIN	Sluchem	Obsluha	Musí být slyšet mírný průtok zahlcovacího dusíku	1 x týdně

5

Datum:

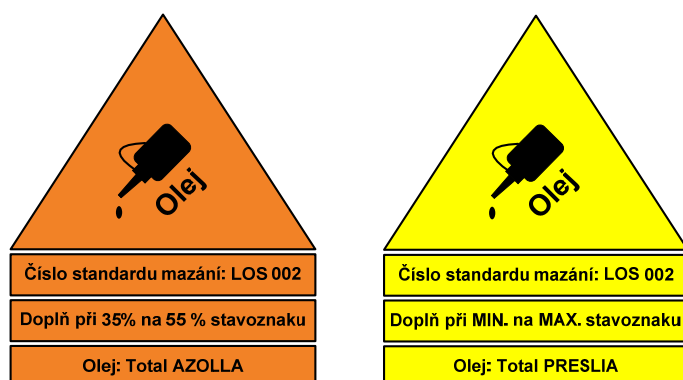
Vypracoval: Bc. Martin Jung

Schválil:

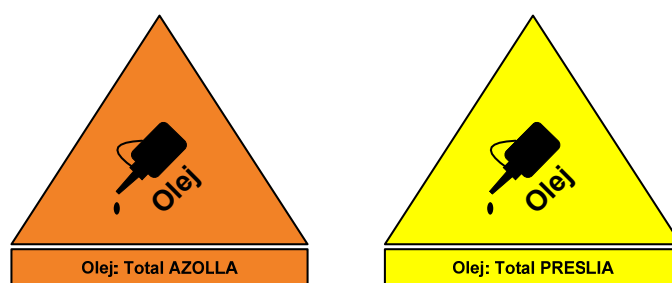
V oblasti mazání spočívá činnost obsluhy v doplňování oleje do mazacího systému zejména EXT, kde dochází ke snižování hladiny v nádrži vlivem únosu oleje dusíkem z ucpávek, a v odběrech vzorků oleje pro tribodiagnostiku. Mazací systémy zkapalňovače používají dva druhy mazacího oleje. Aby nedošlo k jejich záměně, poklesu hladiny oleje pod minimální mez, znečištění oleje a případné havárii stroje, je potřeba:

- Jasně definovat používané mazivo
- Vizuálně označit minimální a maximální stavy hladin oleje
- Měřit spotřebu maziva
- Provéřit možnosti znečištění maziva
- Zavést servisní mazací stanici (sklad maziv)
- Zaznamenat výskyt možných problémů při mazání

Na obr. 29 a 30 je návrh štítků na označení kontrolních míst stavu oleje a označení sudů s olejem.



Obr. 29 Příklad označení kontrolních míst stavu oleje

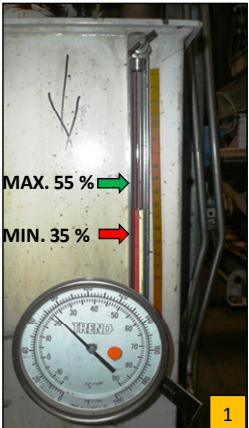
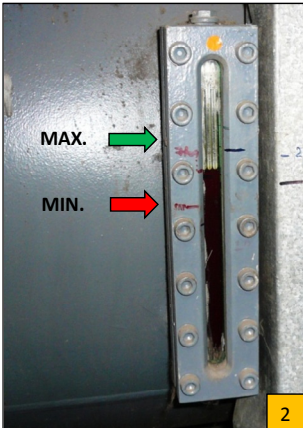




Obr. 30 Příklad označení sudů oleje

Pro doplňování oleje do mazacích systémů jsem vypracoval standard mazání a odběru vzorků oleje obr. 31.

LINDE
VÍTKOVICE

STANDARD PRO MAZÁNÍ A ODBĚR VZORKŮ OLEJE
 Zařízení: LOS Provoz: Kyslíkárna LOS 002

Číslo	Lokalizace, místo	Standard, činnost	Vykonává	Způsob	Pomůcky	Stav	Doba trvání	Mazivo
1	Olejevá nádrž EXT	Doplnit při 35 % na 55 % stavoznaku	Obsluha	Přečerpát ze sudu	Ruční pumpa, papírové ubrousky, rukavice	Za provozu	15 - 30 min.	Total AZZOLA
2	Olejevá nádrž kompresoru	Doplnit při min. rysce na max. rysku stavoznaku	Obsluha	Přečerpát ze sudu	Ruční pumpa, papírové ubrousky, rukavice	Při stání	15 - 30 min.	Total PRESLIA
3	Olejevá nádrž EXT	Olej musí cirkulovat, 0,5l odkalit, odebrat vzorek do správně označené nádoby.	Obsluha	Odebrat 0,4l oleje	Papírové ubrousky, rukavice, čistá nádoba na vzorek	Za provozu, při stání	5 min.	Total AZZOLA
4	Olejevá nádrž kompresoru	Olej musí cirkulovat, 0,5l odkalit, odebrat vzorek do správně označené nádoby.	Obsluha	Odebrat 0,4l oleje	Papírové ubrousky, rukavice, čistá nádoba na vzorek	Za provozu, při stání	5 min.	Total PRESLIA

Datum:
Vypracoval: Bc. Martin Jung
Schválil:

Obr. 31 Standard pro mazání a odběr vzorků oleje zkapalňovače

Činnosti vykonané obsluhou a pracovníky údržby jsou zaznamenávány do kontrolní karty plnění standardů daného stroje, která slouží vedoucím pracovníkům k vyhodnocování plnění. Návrh kontrolní karty zkapalňovače je zobrazen na obr. 32.

Kontrolní karta plnění standardů						
Zařízení: LOS				Provoz: Kyslíkárna		
Číslo	Datum	Druh údržby	Jméno	Číslo standardu	Dle bodu	Podpis
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
LOS 001 - Standard čištění				Druh údržby: SÚ		
LOS 002 - Standard mazání				M a R		
LOS 003 - Standard pro kontrolu				EÚ		
LOS 004 - Standard preventivní údržby				Obsluha		

Obr. 32 Kontrolní karta plnění standardů

8.2.3 Sledování a zvyšování CEZ

Sledování a zvyšování CEZ je jedním z pěti základních pilířů TPM. Provoz zkapalňovače má vysoký vliv na dosahování celkové požadované ekonomiky výroby. U tohoto důležitého zařízení není CEZ sledována. V současné době nevíme, jak efektivně je zkapalňovač provozován. Příčiny způsobující problémy mohou uniknout pozornosti a nejsou tak předmětem řešení. Zavedení každodenního sledování koeficientu CEZ poskytuje nástroj pro zlepšování efektivity stroje. Program zvyšování efektivity zařízení zahrnuje:

- Stanovení metodiky měření CEZ
- Zlepšování hodnoty CEZ
 - Identifikace základních ztrát ve výrobě (výrobní zařízení, člověk, výrobní zdroje)
 - Implementace nápravných opatření
 - Vyhodnocení účinnosti nápravných opatření

Metodika měření CEZ

CEZ znázorňuje, s jakou efektivitou proces transformuje vstupy na výstup. Skládá se ze tří částí:

- Dostupnost – vyjadřuje provozuschopný stav zařízení
- Výkonnost – znázorňuje stav, kdy zařízení vyrábí s optimálním výkonem
- Kvalita – pokles indikuje ztrátu efektivnosti jako důsledek vzniklých neshodných výrobků

Pro zařízení zkapalňovače se vypočítá podle vzorců 8.1, 8.2, 8.3 a 8.4.

$$Dostupnost = \frac{\text{Plánovaný čas provozu} - \text{prostoje}}{\text{Plánovaný čas provozu}} \times 100 [\%] \quad (8.1)$$

Vzhledem k tomu, že zkapalňovač pracuje v nepřetržitém provozu, je plánovaný čas provozu 1440 min. denně. V případě plánovaného najíždění a odstavování zkapalňovače se uvede čas od najetí, respektive do zastavení. Prostoj je doba, kdy je zkapalňovač neplánovaně mimo provoz. Časové údaje se uvádějí v minutách.

$$Výkonnost = \frac{\text{Výroba } O_2 + N_2}{\text{Max. výroba } O_2 + N_2} \times 100 [\%] \quad (8.2)$$

Kde:

Výroba $O_2 + N_2$ je zkapalněné množství plynů [Nm^3/den] měřeno na vstupu do zkapalňovače.

Max. výroba $O_2 + N_2$ je celkové maximální možné zkapalněné množství plynů, tj. 120 000 [Nm^3/den].

$$Kvalita = \frac{\text{Výroba } O_2 + N_2 - \text{Neshodná výroba } O_2 + N_2}{\text{Výroba } O_2 + N_2} \times 100 [\%] \quad (8.3)$$

Kde:

Neshodná výroba je O_2 s čistotou $< 99,50 \% O_2 [Nm^3]$ + N_2 s čistotou $> 3,0 \text{ ppm } O_2 [Nm^3]$

Kyslík je i při poklesu čistoty dodáván do zásobníku. Dusík se při překročení nečistot přepíná do atmosféry a není tudíž dodáván do zásobníku.

$$CEZ = Dostupnost \times Výkonnost \times Kvalita \quad [\%] \quad (8.4)$$

Pro denní výpočet CEZ jsem zpracoval tabulku v MS Excel, do které vedoucí směny na ranní směně vyplní potřebné údaje za minulý den a provede výpočet. V dolní části tabulky vidí grafické vyjádření jednotlivých parametrů i ukazatele CEZ, které přehledně zobrazují dosažený výsledek. Červená čára v grafu ukazuje plánovanou hodnotu. Tabulka pro denní výpočet je na obr. 33. Denní vypočtené hodnoty vedoucí směny zapíše do další tabulky pro měsíční vyhodnocení. Měsíční grafické vyjádření výsledků bude obsluze prezentováno na velínu.

Zařízení:	LOS	CELKOVÁ EFEKTIVITA ZAŘÍZENÍ
Perioda měření:	Denně	

Dostupnost		
A. Plánovaný čas provozu		1440 min.
B. Prostoje		0 min.
C. Operační čas	(A - B)	1440 min.
D. Dostupnost	(C / A)	100 %

Výkonnost		
E. Zkapalněný O ₂ + N ₂		98000 [Nm ₃ / den]
F. Max. zkapalněný O ₂ + N ₂		108000 [Nm ₃ / den]
G. Výkonnost	(E / F)	90,7 %

Kvalita		
H. Zkapalněný O ₂ + N ₂		98000 [Nm ₃ / den]
I. O ₂ s čistotou < 99,50 % O ₂		7000 [Nm ₃]
J. N ₂ s čistotou > 3,0 ppm O ₂		0 [Nm ₃]
K. Kvalita	(H - (I+J)) / H	92,9 %

CELKOVÁ EFEKTIVITA ZAŘÍZENÍ		
L. Celková efektivita zařízení	(D * G * K)	84,3 %

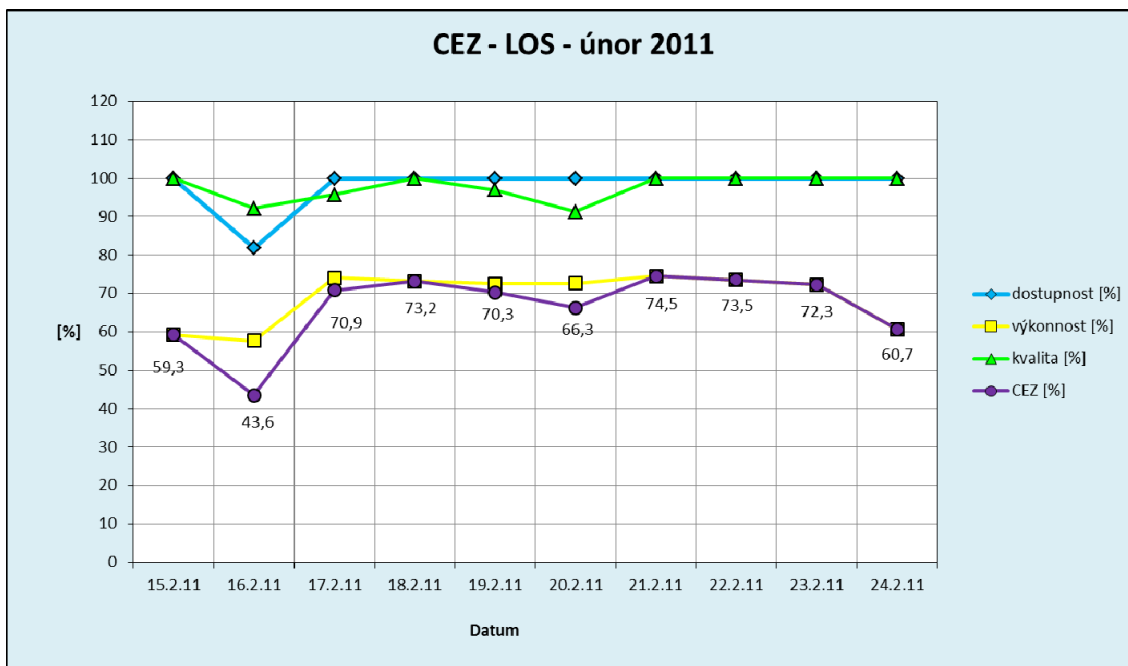
<div> <div></div> Dostupnost <div></div> Výkonnost <div></div> Kvalita <div></div> CEZ </div>	
---	--

Obr. 33 Tabulka pro denní výpočet CEZ (ilustrační hodnoty)

Zkapalňovač najíždí při poklesu hladin kapalných plynů v zásobnících na minimální úroveň. Po doplnění zásobníků se odstavuje z provozu. V měsíci únoru byl v provozu od 15. do 24. 2. 2011. Na základě výsledků měření a zpracování byly získány denní dosažené hodnoty CEZ v této kampani, které jsou uvedeny v následující tabulce č. 5. Nižší hodnoty CEZ při najíždění a odstavování jsou způsobeny poklesem výkonosti při těchto etapách provozu. Nízká hodnota CEZ dne 16. 2. je způsobena neplánovaným výpadkem provozu a poklesem výkonosti při odstavování a opětovném najíždění. Dne 20. 2. došlo na výrobním zařízení NKP 4, ze kterého jsou do zkapalňovače dodávány technické plyny, k zamrznutí impulzního potrubí měření odporu ve vzduchovém sprchovém chladiči a následně ke krátkodobému odstavení tohoto výrobního bloku. Na zařízení zkapalňovače se tato událost projevila snížením kvality zkapalňovaných plynů a 5 250 Nm³ vyrobeného dusíku muselo být vypuštěno do atmosféry. Ostatní poklesy CEZ jsou způsobeny nižším vytížením zkapalňovače a nedodržením kvality kyslíku na NKP 4.

Tab. 5 Měsíční zpracování CEZ

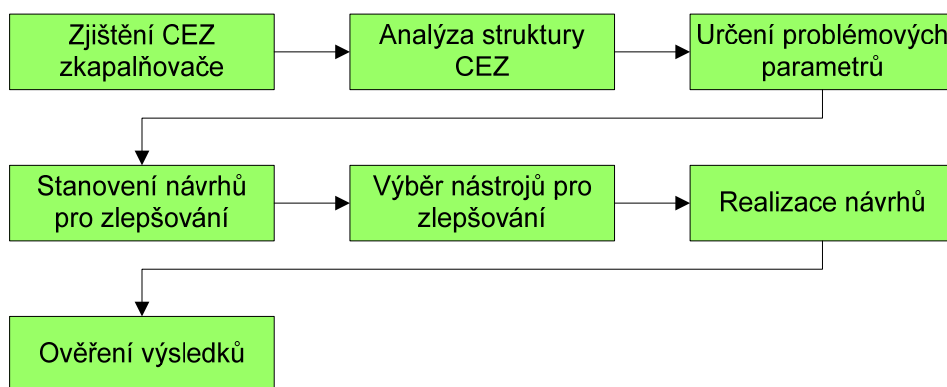
Datum	15.2.11	16.2.11	17.2.11	18.2.11	19.2.11	20.2.11	21.2.11	22.2.11	23.2.11	24.2.11
Plánovaný čas [min]	1 200	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	120
Operační čas [min]	1 200	1 180	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	1 440	120
O ₂ [Nm ³ /den]	30 466	32 442	46 390	57 238	63 408	63 381	46 613	31 315	34 234	2 588
N ₂ [Nm ³ /den]	28 805	36 745	42 529	30 566	23 556	23 778	42 791	56 881	52 494	3 484
Celkem O ₂ + N ₂ [Nm ³ /den]	59 271	69 187	88 919	87 804	86 964	87 159	89 404	88 196	86 28	6 072
O ₂ < 99,5 % [Nm ³ /den]	0	5 400	3 850	0	2 650	2 310	0	0	0	0
N ₂ > 3,0 ppm O ₂ [Nm ³ /den]	0	0	0	0	0	5 250	0	0	0	0
dostupnost [%]	100	81,9	100	100	100	100	100	100	100	100
výkonost [%]	59,3	57,7	74,1	73,2	72,5	72,6	74,5	73,5	72,3	60,7
kvalita [%]	100	92,2	95,7	100	97	91,3	100	100	100	100
CEZ [%]	59,3	43,6	70,9	73,2	70,3	66,3	74,5	73,5	72,3	60,7



Graf 6 CEZ zkapalňovače v měsíci únoru 2011

Zvyšování CEZ

Účelem měření CEZ není statisticky zpracovávat ukazatel, ale zvyšovat jeho hodnotu. Úkolem odpovědných pracovníků je sledovat průběh CEZ, analyzovat příčiny neplnění ukazatele, stanovovat nápravná opatření a zavádět opatření ke zvyšování CEZ. Pravidelné grafické vyjádření CEZ by mělo významně napomáhat procesu jeho trvalého zvyšování.



Obr. 34 Proces zlepšování CEZ

9 Zhodnocení navrhovaných řešení

9.1 Softwarová podpora řízení údržby

Cílem diplomové práce je racionalizace systému řízení údržby. Podstatným předpokladem pro správné řízení v jakékoli oblasti je kontrola a sběr potřebných údajů. V údržbě to jsou zejména vynaložené náklady, neplánované zásahy pracovníků údržby, množství a hodnota náhradních dílů, délka prostojů, vytíženost strojů atd.

Sledování a řízení těchto aspektů je bez počítačové podpory informačního systému obtížné. LINDE VÍTKOVICE a.s. v současné době nevyužívá žádnou komplexní softwarovou podporu pro řízení a plánování údržby. Pro evidenci činností pracovníků údržby, zpracování plánů a vyhodnocování ukazatelů údržby je využíván tabulkový procesor MS Excel. Systém zadávání požadavků na údržbu, archivace údajů o provedené údržbě, informace o opravách strojů jsou uloženy na různých místech v písemné podobě. Tento stav omezuje možnosti detailního sledování skutečných ukazatelů a zvyšuje časovou náročnost jejich vyhodnocování.

S ohledem na význam údržby na kyslíkárně je implementace softwarového řešení řízení a plánování údržby výrobních zařízení aktuální a v porovnání s výchozím stavem přinese řadu pozitiv. K nejvýznamnějším přínosům patří:

- Vytvoření centrálního zdroje informací o aktuálním stavu všech zařízení
- Přesná evidence provedené údržby
- Možnost přehlednějšího plánování preventivní údržby
- Možnost detailního sledování nákladů na údržbu zařízení, poruchovosti, doby prostojů atd.

Vyčíslení nákladů na pořízení softwaru pro řízení údržby a na druhé straně vyčíslení předpokládaných úspor jako efektu zavedení je obtížné. Zkušenosti firem využívajících tyto nástroje ale potvrzují, že jejich aplikace pro řízení údržby přináší významné úspory nákladů díky efektivnějšímu provádění údržby, minimalizaci prostojů ve výrobě způsobených poruchami strojů a prodloužení životního cyklu zařízení. Návratnost vložených investic lze v těchto případech předpokládat v řádu jednoho až dvou let.

9.2 Standardy autonomní a preventivní údržby

Údržba je stále vnímána zejména jako nákladová položka. Pokud se ale o výrobní zařízení průběžně a kvalitně staráme, vynaložené náklady se nám vrátí výrazným snížením rizika nečekaných a většinou nákladných poruch či havárií nebo výpadků výroby.

Tyto cíle lze naplnit zavedením moderních metod a nástrojů TPM, jejichž podstatou je zapojení všech pracovníků do aktivit, které směřují ke zvyšování efektivity výrobního zařízení, produktivity údržby, snižování počtu neshodných výrobků a nákladů na údržbu.

Návrh TPM v LINDE VÍTKOVICE a.s. spočívá v zavedení prvních kroků na zařízení zkapalňovače. Po realizaci a vyhodnocení těchto kroků bude možné projekt TPM dále rozvíjet a implementovat na ostatní zařízení kyslíkárny. Navržené standardy v oblasti autonomní údržby zvýší schopnosti obsluhy:

- Správně čistit zařízení a tím detekovat vznikající abnormality
- Zamezit vzniku abnormalit
- Zlepšovat činnosti v oblastech správného mazání a způsobu kontroly mazání
- V oblasti kontrolní činnosti obsluhy operátor při výkonu práce svými smysly, měřicími přístroji a periodickou kontrolou okamžitě odhaluje abnormality – povolené šrouby, zvukové efekty, tekoucí olej atd.
- V oblasti prevence jako základu pro dosažení totálních cílů TPM – nulové chyby, nulové poruchy, nulové úrazy

9.3 Sledování a zvyšování CEZ

Pokud chceme zlepšit určitý proces, musíme být schopni identifikovat a změřit jeho ztráty. Měření CEZ pomáhá odstranit prostoje a ztráty, které nejsou bez jeho stanovení a analýzy patrné. Lze tak zvýšit skutečný výkon a kvalitu výroby. Očekávané přínosy zavedení sledování a zvyšování CEZ jsou:

- Zvyšování výkonnosti strojních zařízení
- Vizualizace výsledků – všichni zaměstnanci uvidí, jak se jejich práce projevuje v efektivitě provozu zařízení
- Zvýšení schopnosti obsluhy předvídat možné problémy a jejich příčiny
- Lepší chápání příčin chyb kvality
- Analýza CEZ umožní uskutečnit cílené změny vedoucí k lepšímu využití strojů

9.4 Ekonomický přínos zavedení TPM

Ekonomické vyjádření přínosu údržby je složitější než v případě vyčíslení přínosu výroby. Obraz o tom, jak je údržba efektivní, dává přesněji úroveň oblastí, ve kterých se projevují její praktické důsledky - jako např. zkrácení prostojů, snížení poruchovosti, prodloužení doby využití výrobního zařízení apod. V systému TPM se k hodnocení efektivity údržby využívá ukazatel CEZ. Zvýšení CEZ zkapalňovače na 85 % za provozních podmínek v únoru 2011 by přineslo následující ekonomický efekt.

9.4.1 Úspora nákladů na elektrickou energii

Výpočet MS zkapalňovače

MS elektrické energie zkapalňovače se vypočte podle vzorce 9.1:

$$MS_{DEN} = \frac{EE_{LOS}}{Q_{LOS}} \times 1000 \quad [\text{kWh} / 1000 \text{ Nm}^3] \quad (9.1)$$

Kde:

MS_{DEN} Měrná spotřeba elektrické energie zkapalňovače [kWh/1000 Nm³]

EE_{LOS} Elektrická energie spotřebovaná zkapalňovačem [kWh/den]

Q_{LOS} Množství zkapalněného kyslíku a dusíku [Nm³/den]

Tab. 6 Provozní data LOS – únor 2011

Datum	Q_{LOS} [Nm ³ /den]	EE_{LOS} [kWh/den]	MS_{DEN} [kWh/1000 Nm ³]	CEZ [%]
15.2.2011	59 271	46 085	777,5	59,3
16.2.2011	69 187	48 832	705,8	47,3
17.2.2011	88 919	59 752	672,0	70,9
18.2.2011	87 804	61 403	699,3	73,2
19.2.2011	86 964	61 299	704,9	70,3
20.2.2011	87 159	61 394	704,4	66,3
21.2.2011	89 404	60 733	679,3	74,5
22.2.2011	88 196	59 305	672,4	73,5
23.2.2011	86 728	59 021	680,5	72,3
24.2.2011	6 072	4 614	759,9	60,7

Plánované zvýšení CEZ

Pro dosažení plánované úrovně ukazatele CEZ 85 % by mělo celkové zkapalněné množství kyslíku a dusíku za den dosahovat 102 000 Nm³. Při takovém výkonu zkapalňovače lze dosáhnout MS_{DEN} 640 kWh / 1000 Nm³. Vzhledem k tomu, že ve dnech, kdy je zkapalňovač najížděn a odstavován, nelze plánovanou MS dosáhnout, nejsou tyto dny zahrnuty do výpočtu.

Tab. 7 Plánovaná data LOS – únor 2011

Datum	Q _{PLÁN} [Nm ³ /den]	EE _{PLÁN} [kWh/den]	MS _{PLÁN} [kWh/1000 Nm ³]	CEZ _{PLÁN} [%]
15.2.2011	-	-	-	-
16.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
17.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
18.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
19.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
20.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
21.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
22.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
23.2.2011	102 000	65 280	640,0	85,0
24.2.2011	-	-	-	-

Úspora elektrické energie

Denní úspora elektrické energie na zkapalnění kyslíku a dusíku se vypočítá podle vzorce 9.2:

$$\dot{U}_{EE} = MS_{SKUT} - MS_{PLÁN} \times Q_{PLÁN} \quad [kWh] \quad (9.2)$$

Kde:

\dot{U}_{EE}	Úspora elektrické energie na zkapalnění kyslíku a dusíku [kWh/den]
MS _{SKUT}	Dosažená MS daného dne [kWh/1000 Nm ³]
MS _{PLÁN}	Plánovaná MS daného dne 640 [kWh/1000 Nm ³]
Q _{PLÁN}	Plánované množství zkapalněného kyslíku a dusíku 102 000 [Nm ³ /den]

Tab. 8 Předpokládaná úspora elektrické energie LOS – únor 2011

Datum	MS _{SKUT} [kWh/1000 Nm ³]	MS _{PLÁN} [kWh/1000 Nm ³]	Rozdíl MS [kWh/1000 Nm ³]	Ú _{EE} [kWh]
15.2.2011	-	-	-	-
16.2.2011	705,8	640	65,8	6 711,3
17.2.2011	672,0	640	32,0	3 262,2
18.2.2011	699,3	640	59,3	6 050,5
19.2.2011	704,9	640	64,9	6 617,5
20.2.2011	704,4	640	64,4	6 567,9
21.2.2011	679,3	640	39,3	4 009,6
22.2.2011	672,4	640	32,4	3 307,1
23.2.2011	680,5	640	40,5	4 134,1
24.2.2011	-	-	-	-
Celkem	-	-	-	40 660,2

Úspora nákladů na elektrickou energii

Výše uspořených nákladů v Kč za den provozu se vypočítá podle vzorce 9.3:

$$\dot{U}_{Kč} = \dot{U}_{EE} \times C_{EE} \quad [Kč] \quad (9.3)$$

Kde:

$\dot{U}_{Kč}$ Úspora nákladů za den provozu [Kč]

C_{EE} Variabilní část ceny elektrické energie 1,9 [Kč/kWh]

Tab. 9 Vyčíslení úspory nákladů na EE

Datum	Ú _{EE} [kWh]	C _{EE} [Kč/kWh]	Ú _{Kč} [Kč]
15.2.2011	-	-	-
16.2.2011	6 711,3	1,9	12 751,50
17.2.2011	3 262,2	1,9	6 198,20
18.2.2011	6 050,5	1,9	11 496,00
19.2.2011	6 617,5	1,9	12 573,30
20.2.2011	6 567,9	1,9	12 478,90
21.2.2011	4 009,6	1,9	7 618,20
22.2.2011	3 307,1	1,9	6 283,50
23.2.2011	4 134,1	1,9	7 854,70
24.2.2011	-	-	-
Celkem	40 660,2	-	77 254,40

Zvýšením CEZ zkapalňovače na úroveň 85 % za provozních podmínek v únoru 2011 bychom ušetřili na nákladech elektrické energie 77 254,40 Kč.

9.4.2 Zvýšení produkce kapalných plynů

Zvýšením CEZ zkapalňovače na úroveň 85 % oproti dosaženým výsledkům kampaně v únoru bychom také dosáhli zvýšení produkce kapalných plynů.

Výpočet zvýšení produkce

Zvýšení produkce O₂ a N₂ za den provozu se vypočítá podle vzorce 9.4:

$$ZP_{O_2(N_2)} = Q_{O_2(N_2) \text{ PLÁN}} - Q_{O_2(N_2) \text{ SKUT}} \left[Nm^3 / den \right] \quad (9.4)$$

Kde:

$ZP_{O_2(N_2)}$	Zvýšení produkce kapalného O ₂ (N ₂) [Nm ³ /den]
$Q_{O_2(N_2) \text{ PLÁN}}$	Plánované zkapalněné množství O ₂ (N ₂) [Nm ³ /den]
$Q_{O_2(N_2) \text{ SKUT}}$	Skutečné zkapalněné množství O ₂ (N ₂) [Nm ³ /den]

Pokud bude výsledek ZP kladný, jedná se o zvýšení produkce, při záporné hodnotě byla produkce kapalných plynů vyšší než plánovaná.

Tab. 10 Vyčíslení zvýšení produkce LOS – únor 2011

Datum	Q _{O2} PLÁN [Nm ³ /den]	Q _{O2} SKUT [Nm ³ /den]	Q _{N2} PLÁN [Nm ³ /den]	Q _{N2} SKUT [Nm ³ /den]	ZP _{O2} [Nm ³ /den]	ZP _{N2} [Nm ³ /den]
15.2.11	-	-	-	-	-	-
16.2.11	51 000	32 442	51 000	36 745	18 558	14 255
17.2.11	51 000	46 390	51 000	42 529	4 610	8 471
18.2.11	51 000	57 238	51 000	30 566	-6 238	20 434
19.2.11	51 000	63 408	51 000	23 556	-12 408	27 444
20.2.11	51 000	63 381	51 000	23 778	-12 381	27 222
21.2.11	51 000	46 613	51 000	42 791	4 387	8 209
22.2.11	51 000	31 315	51 000	56 881	19 685	-5 881
23.2.11	51 000	34 234	51 000	52 494	16 766	-1 494
24.2.11	-	-	-	-	-	-
Celkem	408 000	375 021	408 000	309 340	32 979	98 660

Zvýšení tržby

Zvýšení tržby za kapalně plyny daného období provozu, způsobené zvýšením produkce se vypočítá podle vzorce 9.5:

$$ZT_{O_2(N_2)} = ZP_{O_2(N_2)CELKEM} \times C_{O_2(N_2)} \quad [Kč] \quad (9.5)$$

Kde:

$ZT_{O_2(N_2)}$ Zvýšení tržby za kapalný O_2 (N_2) [Kč]

$ZP_{O_2(N_2)CELKEM}$ Zvýšení produkce kapalného O_2 (N_2) [Nm^3]

$C_{O_2(N_2)}$ Cena kapalného O_2 (N_2) [Kč/ Nm^3]

Zvýšení tržby za kapalný O_2

$$ZT_{O_2} = ZP_{O_2CELKEM} \times C_{O_2}$$

$$ZT_{O_2} = 32\,979 \times 3,5$$

$$ZT_{O_2} = 115\,426,5 \text{ Kč}$$

Zvýšení tržby za kapalný N_2

$$ZT_{N_2} = ZP_{N_2CELKEM} \times C_{N_2}$$

$$ZT_{N_2} = 98\,660 \times 1,6$$

$$ZT_{N_2} = 157\,856 \text{ Kč}$$

Zvýšením CEZ zkapalňovače na úroveň 85 % za provozních podmínek v únoru 2011 bychom zvýšili produkci kapalného O_2 o 8,8 % a kapalného N_2 o 31,9 %, což představuje možné navýšení tržeb o 273 282,50 Kč.

10 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabýval racionalizací systému řízení údržby v provozu Kyslíkárna podniku LINDE VÍTKOVICE a.s. Protože výroba na kyslíkárně probíhá nepřetržitě, je kladen velký důraz na zajištění maximální provozuschopnosti výrobních zařízení s cílem minimalizovat ztráty způsobené jejich výpadky. Vzhledem k těmto okolnostem hraje velmi významnou roli údržba. Cílem diplomové práce bylo navrhnout řešení, které povede ke zvýšení efektivity údržby. Výsledkem práce je návrh zavedení nových přístupů do systému údržby.

Analýza současného stavu odhalila z hlediska sběru, zpracování a využití dat k řízení údržby určité nedostatky. Písemná podoba záznamů a archivace údajů o poruchách a provedené údržbě komplikuje jejich využití při analýzách, zpracování plánů a hodnocení údržby. Navrhované zavedení softwaru pro řízení údržby přinese zefektivnění práce všech pracovníků zainteresovaných v této oblasti.

V oblasti autonomní a preventivní údržby chybí standardy činností. Na žádném zařízení není sledován ukazatel CEZ. Zde byl zpracován projekt zavedení základních přístupů TPM na pilotním zařízení zkapalňovače kyslíku a dusíku. Projekt byl zaměřen především na zpracování standardů pro autonomní a preventivní údržbu a na stanovení metodiky sledování ukazatele CEZ. Tyto úvodní návrhy mohou také sloužit jako určitý vzor implementace TPM na další pracoviště.

Možný ekonomický přínos navržených řešení byl vyčíslen na základě zvýšení CEZ zkapalňovače. Pokud bychom zvýšili CEZ na 85 %, přineslo by to ve srovnání s uvedeným provozem zkapalňovače úsporu nákladů na elektrickou energii ve výši 77 254,40 Kč a zvýšení tržby za kapalné plyny o 273 282,50 Kč.

Zmíněné úspory a přínosy jsou uvedeny jako příklady oblastí, ve kterých lze očekávat efekty zavedení TPM. Protože cílem TPM je nulová poruchovost, dalších úspor nákladů bude dosaženo snížením počtu menších poruch i větších havárií a s nimi spojených oprav, které v případě zařízení kyslíkárny zatěžují náklady na údržbu v řádu stovek tisíc až milionů korun.

Největším přínosem pro firmu je skutečnost, že navržené změny s sebou nenesou téměř žádné investice do technologií, protože spočívají ve změně přístupů pracovníků a organizace práce.

Podmínkou úspěšné implementace návrhů je získání podpory managementu podniku. Zde je potřeba vysvětlit, proč potřebujeme TPM v podniku, jaký je odhad přínosů, jaké jsou předpokládané náklady implementace, jaké podmínky pro zavedení je potřeba vytvořit atd.

Za největší překážku úspěšné implementace TPM považují možné prvotní pochybnosti o nutnosti změn a nedůvěru pracovníků obsluhy a údržby k zavedení softwarové podpory řízení údržby a k novým metodám práce. Na druhé straně - pokud budou zaměstnanci zapojeni formou námětů a připomínek do procesu implementace TPM a budou se tak moci podílet na vytvoření efektivnějšího systému údržby, nemusejí tyto komplikace nastat.

Další úsilí zlepšování systému údržby by mělo směřovat do oblasti tvorby datové základny. Datovou základnu je možno charakterizovat jako soubor dat, informací a normativů, které se využívají při přípravě a provádění údržbářských činností. Jejím cílem je optimalizovat způsob a stanovit časy potřebné k provádění údržby. Datovou základnou pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: souborem základních technologických postupů se zabývá ve své práci doc. Ing. Josef Novák, CSc. [11].

Na základě výše uvedených skutečností konstatuji, že navržená racionalizační opatření budou pro LINDE VÍTKOVICE a.s. přínosná.

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. Ing. Josefu Novákovi, CSc. z katedry mechanické technologie VŠB - TU Ostrava za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce.

Děkuji rovněž mé milé manželce Katce, dceři Markétce a synu Vojtovi za pomoc, nekonečné pochopení a skvělé zázemí, které mi poskytli během studia.

Seznam odborné literatury a zdrojů

- [1] *Totálně produktivní údržba - Master studium Průmyslové inženýrství a logistika.* Žilina: IPA Slovakia, 2008. 244 s.
- [2] Informační systémy v koncepci údržby a oprav výrobních zařízení. *IT systems* [online]. 2000, 6, [cit. 2011-02-08]. Dostupné z URL <[http://www .systemonline. cz/clanky/informacni-systemy-v-koncepci-udrzby-a-oprav-vyrobnich-zarizeni . htm](http://www.systemonline.cz/clanky/informacni-systemy-v-koncepci-udrzby-a-oprav-vyrobnich-zarizeni)>.
- [3] EAM - Systémy pro efektivní a proaktivní údržbu. *IT systems* [online]. 2008, 6, [cit. 2011-02-08]. Dostupné z URL <[http://www.systemonline.cz/it-asset- management/EAM-systemy-pro-efektivni-proaktivni-udrzbu.htm](http://www.systemonline.cz/it-asset-management/EAM-systemy-pro-efektivni-proaktivni-udrzbu.htm)>.
- [4] HELEBRANT, F. *Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost: II. díl Provozní spolehlivost.* Ostrava: Montanex, 2004. 89 s. ISBN 80-7225-149-X.
- [5] *Linde-vitkovice.cz* [online]. 2007 [cit. 2011-03-25]. O společnosti. Dostupné z URL <<http://www.linde-vitkovice.cz/o-spolecnosti.php>>.
- [6] *IPA Slovakia* [online]. 2010 [cit. 2011-02-08]. Autonómna údržba. Dostupné z URL <http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=57>.
- [7] *IPA Slovakia* [online]. 2010 [cit. 2011-02-08]. Plánovaná údržba. Dostupné z URL <http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=169>.
- [8] *Profylax.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. Systém pro plánování, řízení a evidenci podnikové údržby. Dostupné z URL <[http://www.profylax.cz/popis. html](http://www.profylax.cz/popis.html)>.
- [9] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK Z. a kolektiv. *Štíhlý a inovativní podnik.* 1. vydání. Praha : Alfa Publishing, s. r. o., 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9
- [10] MAREŠ, M, POVÝŠIL, R. *Energetická a ekonomická efektivnost – základní faktory obnovy výrobních a spotřebních zařízení.* [cit. 2011-01-29], Dostupné z URL <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8058.pdf>

- [11] NOVÁK, J. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava 2004, 266 s.
- [12] NOVÁK, J. *Rozvoj spolupráce v oblasti řízení a transferů technologií*. Druhé. Ostrava: VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Fakulta strojní - Katedra mechanické technologie, Ústav projektování, organizace a ekonomika strojírenské výroby, 2011. 79 s.
- [13] *Organizace a řízení* [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008. [cit.2011-04-10]. Dostupné z URL <<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>>
- [14] *Tpm.sk : Cech majstrov údržby* [online]. 2011 [cit. 2011-01-28]. Systémy údržby. Dostupné z URL <<http://www.tpm.sk/index.files/Page346.htm>>.
- [15] RAKYTA, M.: *Totálne produktívna údržba* [online]. [cit. 2011-01-28]. Dostupné z URL <http://fsi.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/KTS/Podklady/KONCEPCIA_TPM_MPM.pdf>
- [16] *Technická diagnostika v systému údržby. Automa* [online]. 2008, 5, [cit. 2011-01-25]. Dostupné z URL <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37313.pdf>>.

Seznam obrázků

Obr. 1 Kvantitativní výsledky auditu jakosti managementu údržby (ilustrační hodnoty) [4].....	14
Obr. 2 Pět pilířů TPM [15].....	21
Obr. 3 Sedm kroků k zavedení autonomní údržby [15]	23
Obr. 4 Plán zavedení TPM v podniku [1]	29
Obr. 5 Kontrolní činnost obsluhy zařízení	40
Obr. 6 Řešení vzniklých situací.....	42
Obr. 7 Formulář pro záznam závad	43
Obr. 8 Postup odstraňování závad.....	44
Obr. 9 Záznam znečištění a degradace olejové náplně	46
Obr. 10 Grafické vyjádření vývoje degradace a znečištění olejové náplně	46
Obr. 11 Struktura sledování nákladů na údržbu	48
Obr. 12 Záznam v deníku údržby M a R.....	52
Obr. 13 Problémy systému údržby a možné řešení	57
Obr. 14 Členění softwaru pro řízení údržby.....	59
Obr. 15 Karta stroje [8]	59
Obr. 16 Karta provedené údržby [8]	60
Obr. 17 Hlášení požadavků na údržbu [8].....	61
Obr. 18 Řešení vzniklých situací s využitím softwaru pro řízení údržby	63
Obr. 19 Řešení vzniklých situací s využitím softwaru pro řízení údržby - pokračování	64
Obr. 20 Plán údržeb [8].....	65
Obr. 21 Skladová karta materiálu [8]	66
Obr. 22 Graf poruchovosti [8].....	66
Obr. 23 Soustrojí kompresoru dusíku	68
Obr. 24 Cold box zkapalňovače	69
Obr. 25 Zásobníky kyslíku a dusíku.....	69
Obr. 26 Standard pro čištění zkapalňovače	70
Obr. 27 Standard pro kontrolní činnost obsluhy	71
Obr. 28 Standard preventivní údržby	71
Obr. 29 Příklad označení kontrolních míst stavu oleje	72
Obr. 30 Příklad označení sudů oleje.....	72
Obr. 31 Standard pro mazání a odběr vzorků oleje zkapalňovače	73
Obr. 32 Kontrolní karta plnění standardů.....	74
Obr. 33 Tabulka pro denní výpočet CEZ (ilustrační hodnoty).....	77
Obr. 34 Proces zlepšování CEZ	79

Seznam grafů

Graf 1 Vývoj nákladů na údržbu	49
Graf 2 Poruchovost dle druhu v roce 2010	50
Graf 3 Poruchovost v roce 2010 dle doby trvání poruch	50
Graf 4 Vývoj celkové poruchovosti	51
Graf 5 Grafické vyjádření hodnocení současného stavu	55
Graf 6 CEZ zkapalňovače v měsíci únoru 2011	79

Seznam tabulek

Tab. 1 Postup implementace TPM [9]	30
Tab. 2 Přehled technické diagnostiky a systémů mazání jednotlivých zařízení.....	47
Tab. 3 Souhrn hodnocení současného stavu systému řízení údržby	55
Tab. 4 Technické parametry zkapalňovače	67
Tab. 5 Měsíční zpracování CEZ.....	78
Tab. 6 Provozní data LOS – únor 2011.....	82
Tab. 7 Plánovaná data LOS – únor 2011	83
Tab. 8 Předpokládaná úspora elektrické energie LOS – únor 2011	84
Tab. 9 Vyčíslení úspory nákladů na EE	84
Tab. 10 Vyčíslení zvýšení produkce LOS – únor 2011	85

Seznam příloh

Příloha č. 1 Položkový plán oprav na rok 2011

Příloha č. 2 Evidence strojní údržby v měsíci únoru 2011